



**TUGAS AKHIR – RE 141581**

***LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) EMISI  
PADA PROSES PRODUKSI BAHAN BAKAR  
MINYAK (BBM) JENIS SOLAR DENGAN  
PENDEKATAN METODE ANALYTICAL  
HIERARCY PROCESS (AHP)***

**ANNISA TAMARA SARI  
3313100112**

**Dosen Pembimbing**  
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017





**TUGAS AKHIR – RE 141581**

***Life Cycle Assessment (LCA) Emisi Pada  
Proses Produksi Bahan Bakar Minyak  
(BBM) Jenis Solar Dengan Pendekatan  
Analytical Hierarchy Process (AHP)***

ANNISA TAMARA SARI  
3313100112

Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.

DEPARTMENT TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017





**FINAL PROJECT – RE 141581**

## **Life Cycle Assessment (LCA) Emissions of Fuel Diesel Production Process Using Analytical Hierarchy Process (AHP)**

**ANNISA TAMARA SARI**  
3313100112

### **Supervisor**

Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Institute of Technology Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



# LEMBAR PENGESAHAN

## **LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) EMISI PADA PROSES PRODUKSI BAHAN BAKAR MINYAK (BBM) JENIS SOLAR DENGAN PENDEKATAN METODE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP)**

### **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik  
pada

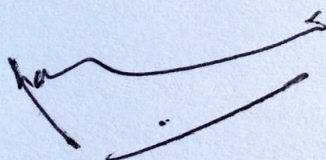
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**ANNISA TAMARA SARI**

NRP: 3313100112

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



**Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.**

NIP: 19660116 199703 1 001



**Life Cycle Assessment (LCA) Emisi Proses Produksi Bahan Bakar Minyak (BBM) Jenis Solar dengan Pendekatan Analytical Hierarcy Process (AHP)**

Nama : Annisa Tamara Sari  
NRP : 3313100112  
Jurusan : Teknik Lingkungan  
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.

**ABSTRAK**

Kegiatan proses produksi bahan bakar minyak (BBM) jenis solar terdiri dari proses eksplorasi dan produksi, pengolahan, distribusi, dan pemakaian. Masing-masing proses kegiatan menghasilkan emisi yang dapat menimbulkan dampak lingkungan. Emisi yang dihasilkan berupa emisi gas rumah kaca dan gas pencemar udara. Penelitian ini mengidentifikasi dampak dari emisi kegiatan industri minyak dan gas menggunakan *Life Cycle Assessment* (LCA).

*Life Cycle Assessment* (LCA) digunakan untuk melakukan penilaian terhadap dampak lingkungan dengan metode EDIP 2003. Data setiap siklus proses produksi dianalisa dengan software SimaPro 8.3. Tahapan *Life Cycle Assessment* (LCA), yaitu *goal* dan *scope*, *life cycle inventory*, *life cycle impact assessment*, dan *interpretation* data. Kemudian dilakukan pemilihan alternatif yang optimum dengan menggunakan metode *Analytical Hierarcy Process* (AHP). Metode AHP terdiri dari penyusunan permasalahan secara hirarki, menetapkan prioritas, dan mengukur konsistensi logis.

Hasil penelitian pada masing-masing proses berbeda. Proses eksplorasi dan produksi menghasilkan sebesar 0,0037 tonCO<sub>2</sub>/produk dan 0,0015 tonCH<sub>4</sub>/produk. Proses pengolahan 0,15 tonCO<sub>2</sub>/produk dan 0,00047 tonCH<sub>4</sub>/produk. Proses distribusi menghasilkan beban emisi sebesar 1,16x10<sup>-3</sup> tonCO<sub>2</sub>/produk dan 8,41x10<sup>-7</sup> tonCH<sub>4</sub>/produk. Proses pemakaian menghasilkan beban emisi sebesar 5,36 tonCO<sub>2</sub>/produk dan 1,76x10<sup>-3</sup> tonCH<sub>4</sub>/produk. Dari kegiatan proses produksi solar memberikan dampak pada *global warming 100a*, *ozone depletion*, *ozon formation (human)*, dan *human toxicity air*. Dampak paling besar berasal dari proses pengolahan sebesar 94,6% akibat adanya kegiatan pada unit *crude distilasi*. Sedangkan pada masing-masing proses dampak paling besar diakibatkan oleh, sumur produksi pada proses



ekplorasi dan produksi, kegiatan penunjang pada proses distribusi, dan pemakaian BBM solar. Setelah diketahui dampaknya maka dilakukan analisa alternatif yang dapat digunakan pada masing-masing kegiatan. Alternatif kegiatan sumur produksi yang dapat digunakan adalah *enhanced oil/gas recovery*. Alternatif kegiatan *crude distilasi* yang dapat digunakan adalah *disalter design* sebagai gas inert. Alternatif kegiatan penunjang yang dapat digunakan adalah peningkatan pemakaian bahan bakar *low sulphur*. Alternatif kegiatan pemakaian BBM solar yang dapat digunakan adalah pemakaian *eco-driving*.

**Kata kunci : AHP, Emisi, Alternatif, LCA, SimaPro dan Solar**

**Life Cycle Assessment (LCA) Emisi Proses Produksi Bahan  
Bakar Minyak (BBM) Jenis Solar dengan Pendekatan  
Analytical Hierarchy Process (AHP)**

Nama : Annisa Tamara Sari  
NRP : 3313100112  
Jurusan : Teknik Lingkungan  
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.

**ABSTRACT**

The process of producing fuel oil (BBM) type of diesel consists of exploration and production, processing, distribution and usage. Each activity process produces emissions that can cause environmental impacts. Emissions generated in the form of emissions of greenhouse gases and air pollutant gas. This study identifies the impact of oil and gas industry emissions using Life Cycle Assessment (LCA).

Life Cycle Assessment (LCA) is used to assess the environmental impacts of the EDIP 2003 method. Each production process cycle data is analyzed by SimaPro 8.3 software. Stages of Life Cycle Assessment (LCA), consists of goal and scope, life cycle inventory, life cycle impact assessment, and interpretation data. Then the selection of the optimum alternative using the method of Analytical Hierarchy Process (AHP). The AHP method consists of hierarchically constructing problems, setting priorities, and measuring logical consistency.

The results of the research on each of the different process. The exploration and production produce emissions of 0,0037 tonCO<sub>2</sub>/product and 0,0015 tonCH<sub>4</sub>/product. Refinery process produce of 0,15 tonCO<sub>2</sub>/product and 0,003 tonCH<sub>4</sub>/product. Distribution process produce emissions of  $1,16 \times 10^{-3}$  tonCO<sub>2</sub>/product dan  $8,41 \times 10^{-7}$  tonCH<sub>4</sub>/product. Usage process produce emissions of 5,36 tonCO<sub>2</sub>/product and  $1,76 \times 10^{-3}$  tonCH<sub>4</sub>/product. From diesel production process, the impact on global warming 100a, ozone depletion, ozon formation (human), and human toxicity air. The greatest impact comes from the processing of 94.6% due to the activity on the *crude distilasi*. While in each process the greatest impact is caused by, production wells in the exploration and production process, supporting activities in the distribution process, and the use of diesel fuel. After the impact is known, an alternative analysis can be used in each activity.

Alternative well production activities that can be used is enhanced oil / gas recovery. Alternative activity of distillation crude that can be used is disalter design as inert gas. Alternative supporting activities that can be used is increased usage of low sulfur fuel. Alternative activity of diesel fuel usage that can be used is eco-driving.

**Key word : Diesel, Emission, Gas, LCA, and AHP**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, berkah, dan hidayah-Nya laporan tugas akhir yang berjudul "*Life Cycle Assessment (LCA) Emisi Pada Proses Produksi Bahan Bakar Minyak (BBMI Jenis Solar Dengan Pendekatan Analytical Hierarchy process (AHP)*" dapat diselesaikan dengan baik

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT., selaku dosen pembimbing tugas akhir, atas kesabaran, ide – ide, dan bantuannya dalam menyelesaikan tugas akhir dan serta saran-saran yang telah diberikan,
2. Dr. Eng. Arie Dipareza Syafe'i, ST.,MEPM., Dr. Ir. Agus Slamet,MSc dan Ir. Eddy Setiadi Soedjono, MSc., PhD., selaku dosen penguji tugas akhir, atas saran-sarannya dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini,
3. Arseto Yekti Bagastyo, ST., MT., MPhil., PhD., selaku dosen wali, dan dosen-dosen lain, atas dorongan semangat, waktu diskusi dan saran yang telah diberikan,
4. Keluarga Tamar Djaja terutama Bapak Tamar Djaja dan Ibu Sinta Dwita Sari yang selalu mendukung apapun kegiatan positif penulis,
5. PT Pertamina Asset 2 Field Prabumulih, PT Pertamina RU III Plaju, dan PT Pertamina MOR V TBBM Tanjung Wangi, yang telah membantu dalam kelancaran kelengkapan data penulis,
6. Teman – teman satu kelompok dosen pembimbing yang selalu menjadi pengingat dan penyemangat yang baik,
7. Teman – teman 2013 yang telah membantu proses tahapan penelitian ini.

Penyusunan laporan ini telah diusahakan semaksimal mungkin, namun sebagaimana manusia biasa tentunya masih terdapat kesalahan. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat penyusun harapkan.

Surabaya, Juli 2017



## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Ruang Lingkup .....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Pemanasan Global .....	7
2.2 Ozone Depletion.....	7
2.2.1 <i>Ozone Formation</i> .....	9
2.3 Pencemaran Udara .....	10
2.4 Gas Rumah Kaca di Indonesia .....	10
2.5 Karakteristik Emisi .....	12
2.6 Bahan Bakar Minyak Jenis Solar.....	14
2.6.1 Macam-macam BBM Jenis Solar .....	14
2.7 <i>Life Cycle</i> BBM jenis Solar .....	15
2.7.1 Proses Eksplorasi dan Produksi .....	16
2.7.2 Proses Pengolahan .....	16
2.7.3 Proses Distribusi.....	18
2.7.4 Penggunaan BBM Jenis Solar.....	19
2.8 <i>Life Cycle Assessment</i> .....	19
2.9 SimaPro 8.3.....	22
2.10 <i>Analytical Hierarchy Process</i> .....	27
2.11 Penggunaan Expert Choice untuk AHP.....	29
2.12 Hubungan <i>Life Cycle Assessment</i> dan <i>Analytical Hierarchy Process</i> .....	33
METODOLOGI PENELITIAN .....	35
3.1 Kerangka Penelitian .....	35
3.2 Tahapan Pelaksanaan Penelitian .....	35
3.2.1 Studi Literatur .....	35

3.2.2 Pengumpulan Data .....	36
3.2.3 Analisis Data dan Pembahasan .....	36
3.3 Input Data dalam SimaPro 8.3 .....	37
3.3.1 Penentuan <i>Goal and Scope</i> .....	38
3.3.2 <i>Life Cycle Inventory</i> .....	38
3.3.3 Impact Assessment .....	38
3.3.4 Interpretasi Data dalam SimaPro 8.3 .....	39
3.4 Penentuan Keputusan dengan Pendekatan AHP	
Menggunakan Expert Choice .....	39
3.4.1 Pemilihan Kriteria Dalam Prosedur AHP .....	40
3.4.2 Pemilihan Alternatif .....	40
3.4.3 <i>Purposive sampling</i> .....	40
ANALISA DAN PEMBAHASAN .....	43
4.1 Profil PT Pertamina .....	43
4.2 Proses Produksi BBM Jenis Solar .....	44
4.2.1 Proses Eksplorasi dan Produksi .....	45
4.2.2 Proses Pengolahan BBM Solar .....	50
4.2.3 Proses Distribusi BBM Solar .....	54
4.2.4 Proses Pemakaian BBM Jenis Solar .....	59
4.3 Analisa LCA menggunakan SimaPro 8.3 .....	61
4.3.1 Penentuan Goal and Scope .....	61
4.3.3 Penentuan Life Cycle Inventory (LCI) .....	61
4.3.3 <i>Life Cycle Impact Assessment</i> .....	72
4.4 Analisa Dampak pada Masing-masing Proses .....	90
4.4.1 Analisa Dampak Proses Eksplorasi dan Produksi .....	90
4.4.2 Analisa Dampak Proses Pengolahan .....	94
4.4.3 Analisa Dampak Proses Distribusi .....	98
4.4.4 Analisa Dampak Proses Pemakaian .....	103
4.5 Alternatif Kegiatan untuk Masing-masing Proses .....	106
4.5.1 Alternatif pada Proses Eksplorasi dan Produksi .....	106
4.5.2 Alternatif pada Proses Pengolahan .....	108
4.5.3 Alternatif pada Proses Distribusi .....	109
4.5.4 Alternatif pada Proses Pemakaian .....	110
4.6 Pemilihan Alternatif Terbaik dengan AHP .....	112
4.6.1 Pemilihan Kriteria dalam Prosedur AHP .....	112
4.6.2 Penyusunan Hirarki .....	113
4.6.3 Analisa Pemilihan Alternatif Terbaik .....	117
KESIMPULAN DAN SARAN .....	129
4.1 Kesimpulan .....	129

4.2 Saran .....	129
DAFTAR PUSTAKA .....	131
DIAGRAM ALIR PROSES PENGOLAHAN BBM .....	161
BIOGRAFI PENULIS .....	163



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Metode pada SimaPro 8.3 .....	20
Tabel 2.2 Skala banding secara berpasangan .....	29
Tabel 3.3 Stakeholder Analyst pada Proses Eksplorasi dan Produksi .....	40
Tabel 3.4 Stakeholder Analyst pada Proses Pengolahan .....	40
Tabel 3.5 Stakeholder Analyst pada Proses Pengolahan .....	41
Tabel 3.6 Stakeholder Analyst pada Proses Pemakaian.....	41
Tabel 4 7 Kapasitas Unit Pengolahan .....	44
Tabel 4.8 Fungsi dan Teknologi Proses Eksplorasi dan Produksi .....	47
Tabel 4.9 Penggunaan Bahan Baku dan Produk yang Dihasilkan .....	47
Tabel 4.10 Pipeline Crude Oil.....	48
Tabel 4.11 Beban Emisi Pada Proses Eksplorasi dan Produksi.	48
Tabel 4.12 Data Produksi Minyak PT Pertamina Asset 2 Field Prabumulih .....	49
Tabel 4.13 Emisi yang Dihasilkan dalam 1 ton Produk Crude Oil .....	49
Tabel 4.14 Jumlah Pemakaian Bahan Baku Crude Oil .....	50
Tabel 4.15 Jumlah Bahan Baku, Unit Proses, dan Bahan Bakar yang Digunakan .....	52
Tabel 4.16 Loading-unloading BBM Solar.....	53
Tabel 4.17 Beban Emisi Proses Pengolahan .....	53
Tabel 4.18 Data Produksi Solar/ADO pad PT Pertamina RU III Plaju .....	54
Tabel 4.19 Emisi yang Dihasilkan dalam 1 ton Produk Solar/ADO .....	54
Tabel 4. 20 Emisi pada Proses Penerimaan .....	56
Tabel 4.21 Kapasitas Tanki Timbun pada TBBM Tanjung Wangi .....	57
Tabel 4.22 Jumlah Penggunaan Bahan Bakar dan Beban Emisi Kegiatan Pengisian BBM ke Alat Transportasi Distribusi .....	57
Tabel 4.23 Throughput BBM Jenis Solar Sebagai Pemakaian pada Konsumen .....	58

Tabel 4.24 Data Produksi Solar, Pertadex, dan BioSolar Terdistribusi.....	58
Tabel 4.25 Emisi yang Dihasilkan dalam 1 ton Produk Solar, Pertadex, dan BioSolar.....	59
Tabel 4.26 BBM Jenis Solar Terproduksi .....	59
Tabel 4.27 Energy Content.....	59
Tabel 4.28 Faktor Emisi.....	60
Tabel 4.29 Beban Emisi dari Pemakaian BBM .....	60
Tabel 4.30 Input Data Sumur Produksi.....	62
Tabel 4.31 Input Data Glycol Dehydrator .....	63
Tabel 4.32 Input Data Tanki Timbun .....	63
Tabel 4.33 Input Data Flare Gas .....	64
Tabel 4.34 Input Data Pipeline .....	65
Tabel 4.35 Input Data Crude Distilasi .....	65
Tabel 4.36 Input Data High Vacuum Unit .....	66
Tabel 4.37 Input Data Blending .....	67
Tabel 4.38 Input Data Flare Gas .....	68
Tabel 39 Input Data Loading-Unloading .....	68
Tabel 4.40 Input Data Perpipaan Jetty .....	69
Tabel 4.41 Input Data Tanki Timbun Proses Distribusi.....	70
Tabel 4.42 Input Data Pengisian BBM ke Alat Transportasi Distribusi.....	70
Tabel 4.43 Input Data Penyaluran.....	71
Tabel 4.44 Input Data Pemakaian BBM .....	72
Tabel 4.45 Characterization Factor .....	73
Tabel 4.46 Normalization Factor.....	74
Tabel 4.47 Weighting Factor .....	74
Tabel 4.48 Kontribusi Dampak Proses Eksplorasi dan Produksi..	77
Tabel 4.49 Kontribusi Dampak Kegiatan Sumur Produksi.....	78
Tabel 50 Kontribusi Dampak Kegiatan Glycol Dehydrator.....	78
Tabel 4.51 Kontribusi Dampak Kegiatan Tanki Timbun.....	79
Tabel 4.52 Kontribusi Dampak Kegiatan Flare Gas .....	79
Tabel 4.53 Kontribusi Dampak Kegiatan Pipeline .....	79
Tabel 4.54 Kontribusi Dampak Proses Pengolahan .....	81
Tabel 4.55 Kontribusi Dampak Crude Distilasi (LCT) .....	82
Tabel 4.56 Kontribusi Dampak Crude Distilasi (Long Residue)..	83

Tabel 4.57 Kontribusi Dampak High Vacuum Unit .....	83
Tabel 4.58 Kontribusi Dampak Solar Blending .....	84
Tabel 4.59 Kontribusi Dampak Flare Gas.....	84
Tabel 4.60 Kontribusi Dampak Loading-Unloading .....	85
Tabel 4.61 Kontribusi Dampak Proses Distribusi .....	86
Tabel 4.62 Kontribusi Dampak Penerimaan Melalui Sistem Perpipaan di Jetty.....	87
Tabel 4.63 Kontribusi Dampak Penimbunan di Tanki Timbun....	87
Tabel 4.64 Kontribusi Dampak Pengisian BBM ke Alat Transportasi Distribusi.....	88
Tabel 4.65 Kontribusi Dampak Penyaluran .....	88
Tabel 4.66 Kontribusi Dampak Proses Pemakaian .....	89
Tabel 4.67 Characterization Kegiatan Sumur Produksi .....	90
Tabel 4.68 Normalization Kegiatan Sumur Produksi .....	91
Tabel 4.69 Weighting dan Single Score Kegiatan Sumur Produksi .....	92
Tabel 4.70 Characterization Kegiatan Crude Distilasi .....	95
Tabel 4.71 Normalization Kegiatan Crude Distilasi .....	96
Tabel 4.72 Weighting dan Single Score Kegiatan Crude Distilasi .....	97
Tabel 4.73 Characterization Kegiatan Pengisian BBM ke Alat Transportasi .....	99
Tabel 4.74 Normalization Kegiatan Pengisian BBM ke Alat Transportasi .....	100
Tabel 4.75 Weighting dan Single Score Kegiatan Pengisian BBM ke Alat Transportasi .....	101
Tabel 4.76 Characterization Proses Pemakaian .....	104
Tabel 4.77 Normalization Proses Pemakaian.....	104
Tabel 4.78 Weighting dan Single Score Proses Pemakaian ....	105
Tabel 4.79 Alternatif Reduksi pada Proses Eksplorasi dan Produksi .....	107
Tabel 4.80 Alternatif Reduksi pada Proses Pengolahan .....	108
Tabel 4.81 Alternatif Reduksi Proses Distribusi.....	109
Tabel 4.82 Alternatif Reduksi pada Proses Pemakaian .....	111
Tabel 4.83 Pembobotan Pemilihan Kriteria Alternatif .....	118
Tabel 4.84 Pembobotan Pemilihan Kriteria Alternatif .....	120

Tabel 4.85 Pembobotan Pemilihan Kriteria Alternatif .....	122
Tabel 4.86 Pembobotan Pemilihan Kriteria Alternatif .....	125

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Terjadi Pemanasan Global .....	11
Gambar 2.2 Gas Rumah Kaca di Indonesia Hingga Tahun 2020 .....	11
Gambar 2.3 Alur Distribusi BBM.....	18
Gambar 2.4 Tahapan LCA Penyusunan LCA.....	20
Gambar 2.5 Penentuan Goal.....	24
Gambar 2.6 Penentuan Scope .....	24
Gambar 2.7 Data Inventory Process pada Software SimaPro ..	25
Gambar 2.8 Prosentase Emisi pada Tiap Kegiatan Disetiap Impact Category .....	14
Gambar 2.9 Hasil Penyetaraan Satuan pada Impact Category yang Dipilih.....	26
Gambar 2.10 Hasil Perkalian Impact Category dengan Weighting Category.....	27
Gambar 2.11 Hasil Dampak Lingkungan dari Setiap Kegiatan (SimaPro Tutorial) .....	27
Gambar 2.12 Memasukkan Goal dan Kriteria pada Expert Choice .....	30
Gambar 2.13 Memasukkan Pembobotan Perhitungan Perbandingan Antar Kriteria pada Expert Choice .....	31
Gambar 2.14 Memasukkan Skala Prioritas Perhitungan Antar Kriteria pada Expert Choice.....	31
Gambar 2.15 Memasukkan Pembobotan Antar Alternatif pada Expert Choice.....	32
Gambar 2.16 Sensitivity analysis pada Expert Choice .....	33
Gambar 3.17 Kerangka Penelitian .....	37
Gambar 4.18 Alur Proses Produksi BBM Jenis Solar.....	44
Gambar 4.19 Lokasi Penelitian .....	45
Gambar 4.20 Alur Proses Eksplorasi dan Produksi.....	46
Gambar 4.21 Alur Proses Pengolahan Solar Secara Detail .....	51
Gambar 4.22 Alur Distribusi BBM pada TBBM Tanjung Wangi ..	55
Gambar 4.23 Material Balance Sumur Produksi .....	62
Gambar 4.24 Material Balance Glycol Dehydration.....	62
Gambar 4.25 Material Balance Tanki Timbun Proses Eksplorasi dan Produksi .....	63
Gambar 4.26 Material Balance Flare Gas Proses Eksplorasi dan Produksi .....	64
Gambar 4.27 Material Balance Pipeline .....	64

Gambar 4.28 Material Balance Crude Distilasi .....	65
Gambar 4.29 Material Balance High Vacuum Unit .....	66
Gambar 4.30 Material Balance Blending .....	67
Gambar 4.31 Material Balance Flare Gas Proses Pengolahan ..	67
Gambar 4.32 Material Balance Loadong-Unloading .....	68
Gambar 4.33 Material Balance Perpipaan Jetty .....	69
Gambar 4.34 Material Balance Tanki Timbun Proses Distribusi	69
Gambar 4.35 Material Balance Pengisian BBM .....	70
Gambar 4.36 Material Balance Penyaluran .....	71
Gambar 4.37 Material Balance Pemakaian BBM .....	71
Gambar 4.38 Network Proses Produksi Solar .....	75
Gambar 4.39 Network Proses Eksplorasi dan Produksi .....	76
Gambar 4.40 Network Proses Pengolahan .....	80
Gambar 4.41 Network Proses Distribusi .....	86
Gambar 4.42 Network Proses Pemakaian .....	89
Gambar 4.43 Network Sumur Produksi .....	90
Gambar 4.44 Grafik Characterization Kegiatan Sumur Produksi	91
Gambar 4.45 Grafik Normalization Kegiatan Sumur Produksi....	92
Gambar 4.46 Grafik <i>Weighting</i> Kegiatan Sumur Produksi.....	93
Gambar 4.47 Grafik Singel Score Kegiatan Sumur Produksi .....	93
Gambar 4.48 Network High Vacuum Unit.....	94
Gambar 4.49 Grafik Characterization Kegiatan Crude Distilasi..	95
Gambar 4.50 Grafik Normalization Kegiatan Crude Distilasi .....	96
Gambar 4.51 Grafik <i>Weighting</i> Kegiatan <i>Crude Distilasi</i> .....	97
Gambar 4.52 Grafik Singel Score Kegiatan Crude Distilasi.....	98
Gambar 4.53 Network Kegiatan Pengisian BBM ke Alat Transportasi .....	99
Gambar 4.54 Grafik Characterization Kegiatan Pengisian BBM ke Alat Transportasi .....	100
Gambar 4.55 Grafik Normalization Kegiatan Pengisian BBM ke Alat Transportasi .....	101
Gambar 4.56 Grafik <i>Weighting</i> Kegiatan <i>Pengisian BBM ke Alat Transportasi</i> .....	102
Gambar 4.57 Grafik Singel Score Kegiatan Pengisian BBM ke Alat Transportasi .....	102
Gambar 4.58 Network Solar .....	103
Gambar 4.59 Grafik Characterization Proses Pemakaian .....	104
Gambar 4.60 Grafik Normalization Proses Pemakaian .....	105
Gambar 4.61 Grafik Weighting Proses Pemakaian .....	105

Gambar 4.62 Grafik Single Score Proses Pemakaian .....	106
Gambar 4.63 Contoh Penentuan Hierarki .....	113
Gambar 4.64 Hierarki Proses Eksplorasi dan Produksi .....	114
Gambar 4.65 Hierarki Proses Pengolahan .....	115
Gambar 4.66 Hierarki Proses Distribusi .....	116
Gambar 4.67 Hierarki Proses Pemakaian .....	117
Gambar 4.68 Penentuan Kriteria Terpilih .....	118
Gambar 4.69 Penentuan Alternatif Perbaikan Kegiatan Sumur Produksi .....	119
Gambar 4.70 Diagram Dynamic Proses Eksplorasi dan Produksi .....	119
Gambar 4.71 Penentuan Kriteria Terpilih .....	121
Gambar 4.72 Penentuan Alternatif Perbaikan Crude Distillation .....	121
Gambar 4.73 Diagram Dynamic Proses Pengolahan .....	121
Gambar 4.74 Penentuan Kriteria Terpilih .....	123
Gambar 4.75 Penentuan Alternatif Perbaikan Pengisian BBM ke Alat Transportasi .....	123
Gambar 4.76 Diagram Dynamic Proses Distribusi .....	124
Gambar 4.77 Penentuan Kriteria Terpilih .....	125
Gambar 4.78 Penentuan Alternatif Perbaikan Pemakaian BBM Solar .....	126
Gambar 4.79 Diagram Dynamic Proses Pemakaian .....	126



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1-A .....	137
LAMPIRAN 1-B .....	143
LAMPIRAN 1-C .....	149
LAMPIRAN 1-D .....	155
DIAGRAM ALIR PROSES PENGOLAHAN BBM .....	161

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia menjadi salah satu negara yang berkontribusi dalam emisi, dimana 1.981 miliar ton emisi dihasilkan. Perkembangan teknologi menjadi salah satu faktor meningkatnya produksi emisi. Terutama pemanfaatan teknologi pada kegiatan sektor industri. Kegiatan Industri berperan sebanyak 39 juta ton dalam melepaskan emisi gas rumah kaca dan gas pencemar udara ke atmosfer. Sehingga munculnya isu pemanasan global. Pemanasan global menjadi salah satu isu lingkungan yang dihadapi oleh banyak negara. Pemanasan global diakibatkan oleh bertambahnya gas rumah kaca seperti CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CFC, HFCs, SF<sub>6</sub> di lapisan troposfer (Samiaji, 2011). Kenaikan kadar CO<sub>2</sub> pada bumi cukup signifikan tiap tahunnya. Pada masa sebelum revolusi industri (1700M) diketahui kadar CO<sub>2</sub> 280 ppm dan pada bulan April 2012 konsentrasi tersebut meningkat menjadi 394,01 ppm. Laju pertumbuhan konsentrasi CO<sub>2</sub> dalam tahun 2000-2006 mencapai 1,93 ppm per tahun (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012). Pembakaran bahan bakar yang digunakan pada kegiatan teknologi sekarang merupakan sumber-sumber pencemar utama yang dilepaskan ke udara, seperti CO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, SPM (*suspended particulate matter*), O<sub>x</sub> dan berbagai logam berat. Berlebihnya konsentrasi zat pencemar hingga melampaui ambang batas akan memberikan dampak pada lingkungan, manusia, tumbuhan, hewan dan ekosistem (Budiyono, 2001). Hal tersebut menjadi perhatian dunia karena munculnya dampak negatif yang sangat dirasakan oleh masyarakat dunia.

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) dibentuk sebagai usaha antar negara dalam melakukan minimalisasi kenaikan suhu muka bumi. Selain itu diadakan Conference of the Parties (COP) yang menghasilkan Protokol Kyoto, salah satu isinya adalah kesepakatan antar negara, termasuk Indonesia untuk mengurangi gas. Pemerintah Indonesia berkomitmen untuk menurunkan kadar emisi gas sebesar 26% di tahun 2020 dimana tercantum dalam Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN GRK) dan Peraturan Presiden Nomor 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan

Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional untuk melaksanakan komitmen tersebut (Sobah *et al*, 2013).

Sektor industri merupakan salah satu penyumbang emisi gas CO<sub>2</sub> yang cukup tinggi. Dimana salah satunya adalah Industri minyak dan gas yang memiliki kontribusi emisi Gas Rumah Kaca yang diperkirakan akan bertambah dari 122 Metric Ton (Mt) CO<sub>2</sub> di tahun 2005 menjadi 137 Mt CO<sub>2</sub> pada tahun 2030 per tahun (Kementerian Keuangan RI, 2015). Dalam Peraturan Presiden No. 61 tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK) target penurunan emisi dari sektor industri adalah 0,001 Gton CO<sub>2</sub>e (skenario 26%) dan sebesar 0,005 Gton CO<sub>2</sub>e pada tahun 2020.

Salah satu penyebab peningkatan terbesar adalah dipacu dengan naiknya kebutuhan kendaraan bermotor yang akan selalu mengalami kenaikan yang cukup signifikan. Kebutuhan kendaraan bermotor diproyeksikan sekitar 6% sampai 8% per tahun. Pada kenyataannya tahun 1999 pertumbuhan jumlah kendaraan di kota besar hampir mencapai 15% per tahun. Maka penggunaan bahan bakar di Indonesia diperkirakan sebesar 2,1 kali konsumsi tahun 1990 pada tahun 1998, sebesar 4,6 kali pada tahun 2008 dan 9,0 kali pada tahun 2018 (Kusminingkrum *et al*, 2008). Penggunaan bahan bakar minyak jenis solar merupakan salah satu jenis BBM yang banyak digunakan. Penggunaannya banyak pada kegiatan transportasi maupun energi, sehingga tidak dapat dipungkiri tingkat kebutuhannya meningkat. Solar pada umumnya adalah untuk bahan bakar pada semua jenis mesin diesel dengan putaran tinggi (di atas 1000 rpm), yang juga dapat digunakan sebagai bahan bakar pada pembakaran langsung dalam dapur kecil yang terutama diinginkan terutama diinginkan pembakaran yang bersih. Minyak solar ini disebut juga Gas Oil, *Automotive Diesel Oil*, *High Speed Diesel* (Pertamina, 2005, dalam Gustina, 2012). Terutama pada gas buang mesin diesel sangat banyak mengandung partikulat dan emisi yang berdampak pada lingkungan.

Melihat peningkatan bahan bakar yang di produksi, emisi gas rumah kaca dan gas pencemar udara yang dihasilkan, maka perlu dilakukan sebuah strategi alternatif untuk menghasilkan produk ramah lingkungan. Konsep produk ramah lingkungan bertujuan meningkatkan kualitas hidup dengan mengurangi dampak lingkungan, pemakaian sumber daya melalui daur hidup

(*life cycle*) dan mengetahui tingkat *sustainability* suatu produk (Palupi, *et al*, 2014). Salah satu metode untuk mengetahui tingkat *sustainability* suatu produk adalah *Life Cycle Assessment* (LCA). *Life Cycle Assessment* (LCA) merupakan suatu metode untuk menyusun data secara lengkap, mengevaluasi dan mengkaji semua dampak lingkungan yang terkait dengan produk, proses, dan aktivitas. LCA dikembangkan salah satunya adalah untuk mengkaji dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh pabrik dan proses produksi (Haas, 2000). Pada pelaksanaannya digunakan software SimaPro 8.3 yang biasa dipakai sebagai perangkat untuk menganalisis penghematan energi dan pengurangan emisi gas rumah kaca, audit energi dan lingkungan global yang berfokus pada siklus hidup suatu produk, serta efisiensi penggunaan sumberdaya berupa tanah, air, energi dan sumberdaya alam lainnya. LCA juga dapat digunakan untuk menentukan potensi pemanasan global dari setiap proses pemanfaatan biomasa (Rosmeika, *et al*, 2010).

Dalam penentuan alternatif terbaik dalam memberikan solusi pada permasalahan tersebut, maka dibutuhkan suatu analisis. Metode analisis yang digunakan untuk melakukan pemilihan solusi yang terbaik adalah metode *Analytic Hierarcy Process* (AHP). AHP adalah sebuah metode memecah permasalahan yang kompleks atau rumit dalam situasi yang tidak terstruktur menjadi bagian-bagian komponen. Mengatur bagian atau variabel ini menjadi suatu bentuk susunan hierarki, kemudian memberikan nilai numerik untuk penilaian subjektif terhadap kepentingan relatif dari setiap variabel dan mensintesis penilaian untuk variabel mana yang memiliki prioritas tertinggi yang akan mempengaruhi penyelesaian dari situasi tersebut. AHP menggabungkan pertimbangan dan penilaian pribadi dengan cara yang logis dan dipengaruhi imajinasi, pengalaman, dan pengetahuan untuk menyusun hierarki dari suatu masalah yang berdasarkan logika, intuisi dan juga pengalaman untuk memberikan pertimbangan (Tominanto, 2012). Alternatif yang telah ada di input kedalam aplikasi *Expert Choice* (EC) yang merupakan suatu program aplikasi yang dapat digunakan sebagai salah satu *tool* untuk membantu para pengambil keputusan dalam menentukan keputusan. EC menawarkan beberapa fasilitas mulai

dari input data-data kriteria, dan beberapa alternatif pilihan, sampai dengan penentuan tujuan (Retnoningsih, 2011).

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini:

- Bagaimana indentifikasi emisi yang dihasilkan pada industri minyak dan gas dengan melakukan kajian *life cycle assessment* (LCA)?
- Alternatif terbaik apa yang dapat mereduksi emisi dengan menggunakan prosedur *analytical hierarchy process* (AHP) pada sistem proses produksi solar?

## 1.3 Tujuan Penelitian

- Tujuan Umum

Tujuan umum penelitian ini adalah identifikasi gas rumah kaca yang dihasilkan dari setiap proses produksi solar dan menentukan solusi perbaikan untuk mereduksi gas rumah kaca pada industri minyak dan gas.

- Tujuan Khusus

Tujuan khusus penelitian ini adalah :

1. Menganalisa beban emisi dari setiap proses produksi solar.
2. Mengetahui komponen kegiatan pada proses produksi yang menghasilkan emisi.
3. Menentukan alternatif terbaik dalam mereduksi emisi dari hasil penelitian dengan metode AHP sebagai landasan teori.

## 1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup data pada proposal ini adalah

1. Data yang digunakan merupakan data primer berupa hasil kuisioner para ahli dan data sekunder dari perusahaan minyak dan gas.
2. Pengambilan data dilakukan di PT Pertamina EP asset 3 *Field* Prabumulih, PT Pertamina *Refinery Unit* III Plaju dan PT Pertamina MOR V TBBM Tanjung Wangi.
3. Peneliti menggunakan *software* SimaPro 8.3 untuk mengidentifikasi LCA.
4. *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) adalah *Global Warming 100a*, *Ozone Depletion*, *Ozone Formation (Human)*, dan *Human Toxicity (air)*.

5. Peneliti menggunakan *software Expert Choice* dalam menjalani prosedur AHP.
6. Objek yang diteliti adalah BBM jenis solar yang terdiri dari solar dan pertadex.
7. Sistem yang dikaji adalah proses produksi BBM jenis solar dimulai dari proses eksplorasi dan produksi, proses pengolahan BBM jenis solar, distribusi dan penggunaan BBM jenis solar.
8. Indikator emisi yang dianalisis yaitu karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), dan Nitrogen Oksida (NO<sub>2</sub>).

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Memberikan informasi mengenai dampak emisi yang telah dihasilkan dari setiap tahap proses produksi BBM jenis solar.
2. Memberikan solusi pengendalian emisi berdasarkan hasil analisis *life cycle assessment* dan *analytical hierarchy process*.
3. Memberikan kriteria dan alternatif paling optimum dalam mereduksi emisi gas rumah kaca dan gas pencemar udara.
4. Sebagai bahan evaluasi perusahaan dalam menganalisa aktivitas proses produksi yang ramah lingkungan.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Studi literatur dilakukan untuk mendukung penelitian. Literatur mengenai pemanasan global dan pencemaran udara. Dampak tersebut berasal dari emisi gas rumah kaca dan gas pencemar udara yang dihasilkan dari kegiatan industri minyak dan gas. Oleh karena itu, dibahas pula penyebab dampak lingkungan akibat lepasnya emisi gas rumah kaca dan gas pencemar udara dengan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) menggunakan *software* SimaPro 8.3. Penggunaan LCA akan membantu dalam memberikan beberapa alternatif perbaikan. Beberapa alternatif dari hasil LCA akan dipilih dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dengan menggunakan aplikasi *Expert Choice*.

#### **2.1 Pemanasan Global**

Pemanasan global (*global warming*) adalah suatu fenomena dimana adanya ketidak seimbangan ekosistem yang diakibatkan oleh peningkatan suhu permukaan bumi. Selama kurang lebih seratus tahun terakhir, suhu rata-rata di permukaan bumi telah meningkat  $0.74 \pm 0.18$  °C. Meningkatnya suhu rata-rata permukaan bumi yang terjadi akibat meningkatnya emisi gas rumah kaca, seperti karbondioksida, metana, dinitro oksida, hidrofluorokarbon, perfluorokarbon, dan sulfur heksafluorida di atmosfer. Emisi yang dihasilkan paling banyak berasal dari proses pembakaran dan penggundulan hutan. (Utina, 2015). Pemanasan diperkirakan akan terus terjadi karena karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) diperkirakan memiliki umur di atmosfer 50 sampai 200 tahun (Venkataramanan dan Smitha, 2011).

#### **2.2 Ozone Depletion**

Ozon adalah gas alami yang dapat bersifat baik dan buruk bagi kesehatan tergantung akan lokasinya. Ozon yang terletak pada lapisan troposfer merupakan ozon bersifat buruk. Ozon troposfer adalah polutan udara yang merupakan unsur utama kabut perkotaan. Ozon yang terletak pada stratosfer merupakan ozon yang baik karena melindungi kehidupan bumi dengan menyerapsinar UV matahari (EPA, 2010).

Berdasarkan hasil penelitian ilmuwan, lapisan ozon yang menjadi pelindung bumi dari radiasi UV-B ini semakin menipis.

Indikasi kerusakan lapisan ozon pertama kali ditemukan sekitar tiga setengah dekade yang lalu oleh tim peneliti Inggris, British Antarctic Survey (BAS), di benua Antartika. Beberapa tahun kemudian hasil pantauan menyimpulkan kerusakan ozon di lapisan stratosfer menjadi begitu parah. Lapisan ozon melindungi kehidupan di bumi dari radiasi ultraviolet matahari. Penipisan lapisan ozon disebabkan meningkatkan persentasi gas-gas yang bereaksi dengan ozon ( $O_3$ ) sehingga mengurangi kadarnya di atmosfer. Di pihak lain, lapisan ozon ini diperlukan untuk mengurangi penetrasi ultraviolet dari matahari. Di lain pihak, manusia juga membutuhkan ultraviolet ini guna menunjang ketersediaan vitamin D bagi setiap orang. Oleh karena itu, ozon perlu dijaga konsentrasinya sehingga kehidupan dapat berjalan dengan baik. Penipisan lapisan ozon akan menyebabkan lebih banyak sinar radiasi ultra ungu memasuki bumi. Radiasi ultra ungu ini dapat membuat efek pada kesehatan manusia, memusnahkan kehidupan laut, ekosistem, mengurangi hasil pertanian dan hutan. Efek utama pada manusia adalah peningkatan penyakit kanker kulit karena selain itu dapat merusak mata termasuk kataraks dan juga mungkin akan melemahkan sistem imunisasi badan (Masithah, 2016).

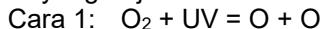
Faktor penyebab terjadinya penipisan ozon akibat lepasnya gas pencemar yang merusak ozon. Gas pencemar yang banyak lepas adalah *Chlorofluorocarbon* (CFC) dan *Haloncarbon*. Pada lapisan Stratosfer radiasi matahari memecah molekul gas yang mengandung khlorin atau bromin yang dihasilkan oleh CFC dan Haloncarbon yang akan menghasilkan radikal khlor dan brom. Radikal-radikal khlorin dan bromin kemudian melalui reaksi berantai memecahkan ikatan gasgas lain di atmosfer, termasuk ozon. Molekulmolekul ozon terpecah menjadi oksigen dan radikal oksigen. Dengan terjadinya reaksi ini akan mengurangi konsentrasi ozon di stratosfer. Semakin banyak senyawa yang mengandung khlor dan brom perusakan lapisan ozon semakin parah. Dalam waktu kira-kira 5 tahun, CFC bergerak naik dengan perlahan ke dalam stratosfer (10 – 50 km). Molekul CFC terurai setelah bercampur dengan sinar UV dan membebaskan atom Chlorine. Bahan kimia ini menipiskan lapisan ozon dengan bertindak sebagai katalis dalam suatu reaksi kimia yang merubah ozon ( $O_3$ ) menjadi oksigen ( $O_2$ ). Reaksi ini dipercepat dengan

adanya kristal-kristal es di stratosfer yang merupakan salah satu dari sumber bagi kerugian besar ozon di Antartika. Karena CFC bertindak sebagai katalis, maka mereka tidak dikonsumsi dalam reaksi yang merubah ozon menjadi oksigen, tetapi tetap ada di stratosfer dan terus menerus merusak ozon selama bertahun-tahun. Menurut hasil penelitian, satu atom Cl dapat menguraikan sampai 100.000 senyawa ozon dan bertahan sampai 40-150 tahun di atmosfer. Padahal stratosfer hanya bisa menyerap sejumlah atom klorin, sehingga pada akhirnya meskipun penggunaan CFC ditekan, jumlah yang ada dalam atmosfer masih cukup besar dan perlu waktu yang sangat lama untuk diserap (Masithah, 2016). Berikut reaksi gas pencemar terhadap lapisan ozon:

- Reaksi Penipisan Ozon Stratosfer karena CFC
  - Fotodisosiasi CFC :  $\text{CFCl}_3 + \text{UV} \Rightarrow \text{CFCl}_2 + \text{Cl}$
  - Reaksi dengan  $\text{O}_3$  :  $\text{O}_3 + \text{Cl} \Rightarrow \text{ClO} + \text{O}_2$
  - $\text{ClO} + \text{O} \Rightarrow \text{Cl} + \text{O}_2$
  - Hasil :  $\text{O}_3 + \text{O} \Rightarrow 2\text{O}_2$
- Reaksi Perusakan Ozon oleh Bromin
  - Senyawa Bromine dipecah oleh sinar UV sehingga melepaskan Bromin, dan meng-katalisa perusakan Ozon :
  - $\text{O}_3 + \text{Br} \Rightarrow \text{BrO} + \text{O}_2$
  - $\text{BrO} + \text{O} \Rightarrow \text{Br} + \text{O}_2$
  - Hasil :  $\text{O}_3 + \text{O} \Rightarrow 2\text{O}_2$

### 2.2.1 Ozone Formation

Ozone Formation adalah pembentukan lapisan ozon pada atmosfer. Ozon terbentuk secara alami di stratosfer dengan dua cara proses reaktif. Cara pertama, sinar ultraviolet memecahkan molekul oksigen menjadi dua atom oksigen yang terpisah. Cara kedua, masing-masing atom akan bereaksi dengan molekul oksigen lainnya dan membentuk molekul ozon. Berikut reaksi alami yang terjadi:



Formasi lapisan ozon di stratosfer dan troposfer ditentukan oleh keseimbangan antara proses kimia yang menghasilkan dan menghancurkan ozon (EPA, 2010).

### 2.3 Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, atau energi, dan/atau komponen lain kedalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya (Peraturan Pemerintah RI no 41,1999).

Prinsip pencemaran udara adalah apabila dalam udara terdapat unsur-unsur pencemar yang dapat mempengaruhi keseimbangan udara normal dan mengakibatkan gangguan terhadap kehidupan manusia, hewan dan tumbuh-tumbuhan dan benda-benda lain. Gas pencemar udara adalah *Sulfur dioksida* ( $\text{SO}_2$ ), *Carbon monoksida* ( $\text{CO}$ ), *Particulat Matter*, *Hidrocarbon* ( $\text{HC}$ ), *Nitrogen Oksida* ( $\text{NO}_2$ ), *Photochemical Oxidant*, Timah ( $\text{Pb}$ ), Ozon dan *Volatile Organic Compounds* ( $\text{VOC}$ ). Gas tersebut merupakan polutan-polutan yang bersumber dari antropogenik yang mengakibatkan gangguan pada kesehatan dan kerusakan pada lingkungan (Ali, 2007).

### 2.4 Gas Rumah Kaca di Indonesia

Gas Rumah Kaca (GRK) merupakan gas di atmosfer yang berfungsi menyerap radiasi inframerah dan ikut menentukan suhu atmosfer. Gas Rumah Kaca diartikan sebagai gas yang terkandung dalam atmosfer, baik alami maupun dari kegiatan manusia (antropogenik), yang menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah. Sebagian radiasi matahari dalam bentuk gelombang pendek yang diterima permukaan bumi



dipancarkan kembali ke atmosfer dalam bentuk radiasi gelombang panjang (radiasi inframerah). Radiasi gelombang yang tertahan akibat adanya gas rumah kaca akan menimbulkan efek panas yang disebut “Efek Rumah Kaca”. Penjelasan mengenai efek rumah kaca digambarkan melalui gambar berikut.

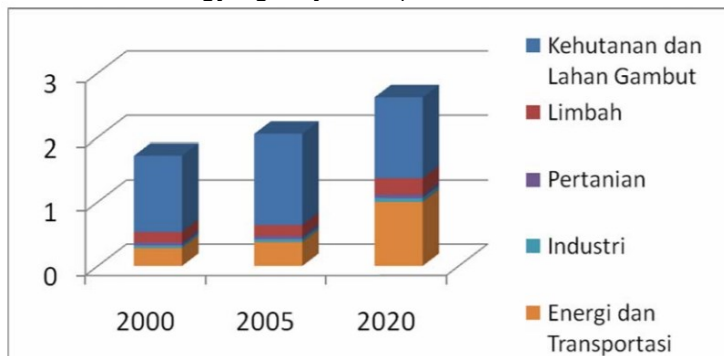
Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup

GRK utama yang ada di permukaan bumi adalah  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , dan  $\text{N}_2\text{O}$ . Dari ketiga jenis gas tersebut, yang paling besar kandungannya di atmosfer ialah  $\text{CO}_2$  sedangkan yang lainnya sangat sedikit sekali. Konsentrasi  $\text{CO}_2$  saat ini di atmosfer ialah sekitar 383 ppm (*part per million*) atau sekitar 0.0383% volume atmosfer. Sedangkan  $\text{CH}_4$  dan  $\text{N}_2\text{O}$  masing-masing 1745 ppb dan 314 ppb (*part per billion*) atau sekitar 0.000175% dan 0.0000314% volume atmosfer. Adanya berbagai aktivitas manusia khususnya sejak era pra-industri, emisi gas rumah kaca ke atmosfer mengalami peningkatan yang sangat tinggi sehingga meningkatkan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer. Hal ini menyebabkan timbulnya masalah pemanasan global dan perubahan iklim (Kementrian Lingkungan Hidup, 2012).

Kadar emisi karbondioksida di Indonesia berkisar pada

#### **Gambar 2.1 Proses Terjadi Pemanasan Global**

angka 430-440 juta ton, diperkirakan akan mencapai angka 820-830 juta ton pada tahun 2035. Jumlah tersebut merupakan jumlah yang sangat besar, dibandingkan dengan negara ASEAN lainnya (International Energy Agency, 2011)



Sumber : Peraturan Presiden

#### **Gambar 2.2 Gas Rumah Kaca di Indonesia Hingga Tahun 2020**

Berdasarkan grafik diatas tingkat emisi di Indonesia diperkirakan akan meningkat dari 1,72 Gton CO<sub>2</sub>e pada tahun 2000 menjadi 2,95 Gton CO<sub>2</sub>e pada tahun 2020. Dimana terdapat 2 skenario penurunan target emisi gas rumah kaca. Saat ini Pemerintah Indonesia telah menargetkan penurunan emisi gas rumah kaca sebesar 26% yang dicapai pada tahun 2020 tanpa bantuan negara lain dan sebesar 41% bila memperoleh bantuan dari negara lain (Peraturan Presiden, 2010).

Hal tersebut merupakan langkah yang dilakukan pemerintah Indonesia dalam menanggapi adanya perubahan iklim. Bukti bahwa perubahan iklim yang sudah terjadi dalam laporan yang dikeluarkan WWF, *Climate Change: Implications for Humans and Nature* (2007), dipaparkan bukti bahwa perubahan iklim sudah terjadi di Indonesia, diantaranya:

- Temperatur suhu di Indonesia meningkat sebesar 0,3 °C
- Pola cuaca berubah, bagian Sumatra dan Borneo akan lebih basah 10 -30 % pada 2080 di bulan Desember-Februari. Sedangkan Jakarta diprediksikan akan lebih menghangat 5-15% pada Juni-Agustus.
- Angin musim akan datang terlambat 30 hari, curah hujan meningkat 10 % (April-Juni) dan 75% curah hujan menurun/kemarau (Juli-September).

## **2.5 Karakteristik Emisi**

### **1. Metan**

Metana adalah gas yang molekulnya tersusun dari satu atom karbon dan empat atom hydrogen. Metana mudah terbakar, dan menghasilkan karbon dioksida sebagai hasil sampingan. Metan merupakan gas rumah kaca yang banyak diatmosfer setelah CO<sub>2</sub>, dimana keberadaannya dapat tereduksi dengan adanya reaksi kimia dengan hidroksil (OH) radikal. Selain itu, gas metana memiliki potensi terhadap pemanasan global sebesar 21-23 CO<sub>2</sub>-*equivalent*, yang berarti setiap kg dari metana yang diemisikan ke atmosfer memiliki efek yang ekuivalen terhadap iklim bumi sebesar 21-23 kali lebih besar dari karbon dioksida selama periode waktu 100 tahun. Gas metana menyerap sebagian frekuensi dari radiasi inframerah (yang diemisikan dari permukaan bumi) yang seharusnya diteruskan ke luar angkasa (Sabljić, 2009).

### **2. Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)**

Udara merupakan campuran beberapa gas yang perbandingannya tidak tetap. Dalam udara terdapat oksigen, karbondioksida dan ozon. Gas  $\text{CO}_2$  dalam udara murni berjumlah 0,03%, bila melebihi toleransi dapat mengganggu pernapasan. Selain itu, gas  $\text{CO}_2$  yang terlalu berlebihan di bumi dapat mengikat panas matahari sehingga suhu bumi panas. Pemanasan global di bumi akibat  $\text{CO}_2$  disebut juga sebagai efek rumah kaca. Pemanasan global sudah lama menjadi perbincangan, namun belum juga ada cara yang efektif untuk menghilangkannya atau setidaknya untuk mengurangnya (Ghaziyad, 2015).

### 3. Karbon Monoksida ( $\text{CO}$ )

Karbon monoksida ( $\text{CO}$ ) adalah zat pencemar udara yang paling besar. Bentuk  $\text{CO}$  dalam udara sangat stabil, mempunyai waktu tinggal 2-4 bulan.  $\text{CO}$  terbentuk akibat proses pembakaran bahan karbon yang digunakan sebagai bahan bakar secara tidak sempurna.  $\text{CO}$  merupakan gas tidak berwarna, tidak berbau dan tidak mempunyai rasa. Dalam lingkungan  $\text{CO}$  dapat terbentuk secara ilmiah, namun sumber utamanya adalah manusia. Pengaruh  $\text{CO}$  dalam terhadap kesehatan (Budianto, 2008). Zat gas  $\text{CO}$  ini akan mengganggu pengikatan oksigen pada darah karena  $\text{CO}$  lebih mudah terikat oleh darah dibandingkan dengan oksigen dan gas-gas lainnya. Pada kasus darah yang tercemar karbon monoksida dalam kadar 70% hingga 80% dapat menyebabkan kematian.

### 4. Sulfur Oksida ( $\text{SO}_2$ )

Pencemaran oleh sulfur oksida terutama disebabkan oleh dua komponen sulfur bentuk gas yang tidak berwarna yaitu sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) dan Sulfur trioksida ( $\text{SO}_3$ ), dan kedua disebut sulfur oksida ( $\text{SO}_x$ ). Sulfur dioksida mempunyai karakteristik bau yang tajam dan tidak mudah terbakar di udara, sedangkan sulfur trioksida adalah komponen yang tidak reaktif. Pencemaran  $\text{SO}_x$  menimbulkan dampak pada manusia dan hewan, kerusakan pada tanaman terjadi pada kadar 0,5 ppm. Pengaruh utama polutan  $\text{SO}_x$  pada manusia adalah iritasi sistem pernafasan pada kadar 5 ppm (Budianto, 2008).

### 5. Nitrogen Dioksida ( $\text{NO}_2$ )

Oksida nitrogen ( $\text{NO}_x$ ) adalah kelompok gas nitrogen yang terdapat di atmosfer yang terdiri atas nitrogen monoksida ( $\text{NO}$ ) dan nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ).  $\text{NO}$  terdapat di udara dalam jumlah lebih



besar daripada NO<sub>2</sub>. Pembentukan NO dan NO<sub>2</sub> adalah reaksi antara nitrogen dan oksigen di udara sehingga membentuk NO, yang bereaksi lebih lanjut dengan lebih banyak oksigen membentuk NO<sub>2</sub>. Komposisi nitrogen dalam udara adalah 78%. NO<sub>2</sub> merupakan gas yang toksik bagi manusia. Pada kadar 50-100 ppm dapat menyebabkan peradangan paru-paru untuk paparan selama satu menit (Budianto,2008).

## **2.6 Bahan Bakar Minyak Jenis Solar**

Minyak solar adalah suatu produk destilasi minyak bumi yang khusus digunakan untuk bahan bakar mesin. Minyak solar berasal dari Gas Oil, yang merupakan fraksi minyak bumi dengan kisaran titik didih antara 2500 C sampai 3500 C yang disebut juga *middle destilat*. Komposisinya terdiri dari senyawa hidrokarbon dan non-hidrokarbon. Menurut spesifikasi minyak solar di Indonesia mempunyai berat jenis antara 0,820 – 0.870 pada temperatur 600 F, dengan demikian dapat diperkirakan mempunyai nilai panas minimal 10800 kkal/kg karena semakin rendah berat jenisnya semakin tinggi nilai panas (Wibowo, 2015).

### **2.6.1 Macam-macam BBM Jenis Solar**

Dalam produksinya BBM solar terdiri dari:

1. Biosolar tidak mengandung nitrogen atau senyawa aromatic dan hanya mengandung dari 15 ppm sulfur. Biodiesel mengandung kira-kira 11% oksigen dalam persen berat yang keberadaannya mengakibatkan berkurangnya kandungan energy namun menurunkan kadar emisi gas buang yang berupa CO, HC, partikulat, dan jelaga. Kandungan energi biodiesel kira-kira 10% lebih rendah bila dibandingkan dengan solar. Efisiensi bahan bakar dari biodiesel kurang lebih sama dengan solar. Kandungan asam lemak dalam minyak nabati yang merupakan bahan baku biodiesel menyebabkan biodiesel sedikit kurang stabil bila dibandingkan dengan solar (Turnip, 2009).
2. *Pertamina Dex* merupakan bahan bakar mesin diesel modern yang telah memenuhi dan mencapai standar emisi gas buang *EURO 2*, memiliki angka performa tinggi dengan centane number 53 ke atas (HDS mempunyai *centane number 45*), memiliki kualitas tinggi dengan kandungan sulfur

dibawah 300ppm, direkomendasikan untuk mesin diesel teknologi terbaru (*Diesel Common Rail System*), sehingga pemakaian bahan bakarnya lebih irit dan ekonomis serta menghasilkan tenaga yang lebih besar. Untuk menjaga mutu bahan bakar Pertadex yang diproduksi maka perlu dilakukan pengujian mutu terhadap produk tersebut sehingga bahan bakar tersebut layak untuk dipasarkan (Adhiyaksa, 2014).

3. Dexlite adalah bahan bakar minyak untuk kendaraan bermesin diesel. Dexlite merupakan varian terbaru yang memiliki spesifikasi lebih unggul daripada solar bersubsidi, tetapi masih dibawah pertaminadex. Dexlite memiliki campuran bio diesel atau fatty acid methyl ester (FAME) sebanyak 20% dengan zat adiktif di dalamnya. Kandungan cetane number dexlite minimal 51 dan sulfur maximal 1200 ppm. Angka ini memang lebih rendah dibanding pertaminadex yang memiliki cetane number minimal 53 dan sulfur maximal 300 ppm, namun lebih baik dari solar bersubsidi dengan cetane number minimal 48 dan sulfur mencapai 3500 ppm (Pertamina, 2016).

4.

#### **2.7 Life Cycle BBM jenis Solar**

Dalam kegiatan produksi Bahan Bakar Minyak (BBM) jenis solar dilakukan berbagai tahapan. Tahapan tersebut meliputi eksplorasi dan produksi, proses pengolahan pada kilang minyak, distribusi BBM jenis solar dan penggunaan BBM jenis solar. Minyak pada awalnya diperoleh dari kegiatan eksplorasi dan produksi dimana dilakukan pengambilan hidrokarbon didalam bumi. Produk dari kegiatan eksplorasi dan produksi adalah *crude oil*. *Crude oil* tersebut akan dijadikan material dalam proses pengolahan minyak untuk mendapatkan BBM jenis solar. Produk dari kegiatan pengolahan akan didistribusikan keseluruh Indonesia. Produk yang telah didistribusikan akan sampai pada pengguna BBM jenis solar. Penggunaan BBM jenis solar ini akan menghasilkan produk berupa emisi. Emisi yang dihasilkan dari kegiatan tersebut akan terlepas ke atmosfer. Tidak semua emisi yang lepas dapat diserap kembali oleh bumi, sehingga hanya gas CO<sub>2</sub> yang mampu terserap oleh tanaman. Sehingga gas lainnya akan bereaksi secara bebas di atmosfer.

### 2.7.1 Proses Eksplorasi dan Produksi

Kegiatan eksplorasi dan produksi adalah kegiatan yang bertujuan memperoleh informasi mengenai kondisi geologi untuk menemukan dan memperoleh perkiraan cadangan minyak dan gas bumi di wilayah kerja yang ditentukan serta menghasilkan minyak dan gas bumi dari wilayah kerja yang ditentukan, yang terdiri atas pengeboran dan penyelesaian sumur, pembangunan sarana pengangkutan, penyimpanan, dan pengolahan untuk pemisahan dan pemurnian minyak dan gas bumi di lapangan serta kegiatan lain yang mendukungnya (Undang-undang Republik Indonesia, 2009).

Emisi kegiatan eksplorasi dan produksi minyak dan gas bumi dalam undang-undang no.13 tahun 2009 bersumber dari:

- a. Proses pembakaran yang meliputi emisi dari mesin pembakaran dalam, turbin gas, ketel uap, pembangkit uap, pemanas proses, pengolahan panas, dan suar bakar
- b. Proses produksi yang meliputi emisi dari unit pentawaran, unit penangkapan sulfur, unit oksidasi thermal sulfur atau insinerator gas kecut, dan unit pelepasan dehidrasi glicol; dan
- c. *Fugitive* yang meliputi emisi akibat kebocoran katup, flensa (flange), pompa, kompresor, alat pelepas tekanan, drain/blowdown, kebocoran dari peralatan proses produksi dan komponen-komponennya, emisi dari tangki timbun dan instalasi pengolahan air limbah, serta uji kepala selubung (casing head test).

### 2.7.2 Proses Pengolahan

Tahapan pengolahan minyak mentah menjadi produk sebagai berikut (Pertamina, 2015):

1. Pencampuran minyak bumi  
Pencampuran minyak dilakukan untuk meratakan kualitas minyak. Dimana unit proses yang digunakan adalah tangka minyak bumi dengan hasil akhir minyak bumi siap diolah.
2. Persiapan  
Persiapan disini yaitu dilakukan untuk menurunkan air dan garam agar memperoleh minyak yang siap diproses. Proses kegiatan ini dilakukan pada unit proses desalter.
3. Pemisahan (Distilasi)

Proses pemisahan atau distilasi dilakukan pada unit proses *Crude Distillation Unit* (CDU) dan *High Vacum Unit* (HVU). Kegiatan ini dilakukan untuk melakukan penyulingan berdasarkan titik didih, dengan hasil akhir berupa LPG, naptha, kerosene, solar, bottoms, propylene, green coke.

4. Konversi (*Cracking, Reforming*)

Proses Konversi adalah proses untuk mengubah ukuran dan struktur senyawa hidrokarbon. proses ini dilakukan untuk melakukan perengkahan, pembentukan atau reforming yang dilakukan pada unit proses FCC, RFCC, Delayed Coker, Visbreaker, dan Platforming. Hasil akhir dari proses ini adalah LPG, naptha, kerosene, solar, bottoms, propylene, green coke.

5. Pengolahan

Proses ini dimaksudkan untuk menyiapkan fraksi-fraksi hidrokarbon untuk diolah lebih lanjut, juga untuk diolah menjadi produk akhir (Risdiyanta, tanpa tahun). Proses ini dilakukan pada unit proses HDS dengan hasil akhir solar sulfur dengan kualitas tinggi.

6. Pencampuran (blending) produk

proses pencampuran fraksi-fraksi hidrokarbon dan penambahan bahan aditif untuk mendapatkan produk akhir dengan spesifikasi tertentu (Risdiyanta, tanpa tahun). Pada proses ini untuk mendapatkan BBM jenis solar 48 dilakukan campuran dengan menggunakan Cetan Index-43 (untuk produk LGO/HGO/LVGO), Cetan Index-51 (produk LCGO), dan Cetan Index-54 (Biodesel).

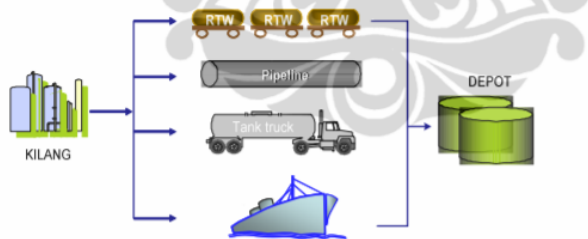
Dari setiap kegiatan pengolahan minyak dan gas menghasilkan emisi. Emisi unit pengolahan bersumber dari:

- a. Proses pembakaran yang meliputi sumber emisi dari mesin pembakar dalam, turbin gas, ketel uap, pembangkit uap, pemanas proses, dan suar bakar.
- b. Proses produksi yang meliputi emisi dari regenator katalis unit perengkahan katalitik alir, emisi dari proses decoking, kegiatan penangkapan sulfur, dan unit pengolahan ulang sulfur sistem claus.
- c. *Fugitive* yang meliputi emisi akibat kebocoran katup, flensa, pompa, kompresor, alat pelepas tekanan, kebocoran dari peralatan proses produksi dan komponen-komponennya,

serta emisi dari tangki timbun dan instalasi pengolahan air limbah.

### 2.7.3 Proses Distribusi

Penyediaan dan pendistribusian bahan bakar minyak ke seluruh pelosok nusantara diperlukan berbagai jenis sarana. Kegiatan distribusi meliputi pengangkutan, penyimpanan, dan niaga. Jenis sarana dan pengoperasiannya disesuaikan dengan situasi dan kondisi daerah (Rohman,2009).



Sumber : [www.pertamina.com](http://www.pertamina.com)

**Gambar 2.3 Alur Distribusi BBM**

Depot atau terminal akan menerima suplai BBM dari *Refinery Unit* kemudian akan didistribusikan ke SPBU, agen, dan industri. Depot menerima BBM menggunakan sarana prasarana dimana sarana penyediaan dan pendistribusian bahan bakar minyak dan kapasitasnya saat ini terdiri dari :

- Kapal tanker, digunakan untuk mengangkut bahan bakar minyak dari kilang ke instalasi / depot di seluruh Indonesia.
- Depot, menerima dan menampung bahan bakar minyak untuk didistribusikan lagi ke depot lainnya atau ke konsumen. Jumlah depot di seluruh Indonesia sebanyak 175 terdiri 96 buah seafed depot, 25 inland depot dan 54 Depot Pengisian Pesawat Udara (DPPU) PPU (termasuk DPPU Perintis) serta 12 terminal/instalasi.
- Mobil atau truk tangka, mengangkut bahan bakar minyak dari instalasi/depot ke depot lainnya atau ke konsumen, SPBU agen dan pangkalan. d. Tongkang. Untuk daerah dengan sarana angkutan sungai dipergunakan tongkang.

- Rail Tank Wagon (RTW), Angkutan bahan bakar minyak dengan kereta api, dilakukan di Jawa, Sumatra Utara dan Sumatra Selatan.
- Tangki timbun, jumlah tangki timbun bahan bakar minyak sebanyak 1.382 dengan total kapasitas 4,69 juta kL.  
Emisi kegiatan distribusi minyak dan gas sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 huruf d bersumber dari:
  - a. Proses pembakaran yang berasal dari mesin pembakar dalam.
  - b. *Fugitive* yang meliputi emisi akibat kebocoran dari katup, flensa, pompa, kompresor, alat pelepas tekanan, kebocoran dari peralatan proses produksi dan komponen-komponennya, serta emisi dari tangki timbun dan instalasi pengolahan air limbah.

#### **2.7.4 Penggunaan BBM Jenis Solar**

Penggunaan BBM jenis solar digunakan oleh beberapa konsumen pengguna yaitu (Peraturan Presiden no 191, 2014) :

- Usaha pertanian
- Usaha mikro
- Usaha perikanan
- Transportasi dengan ketentuan tertentu
- Pelayanan umum

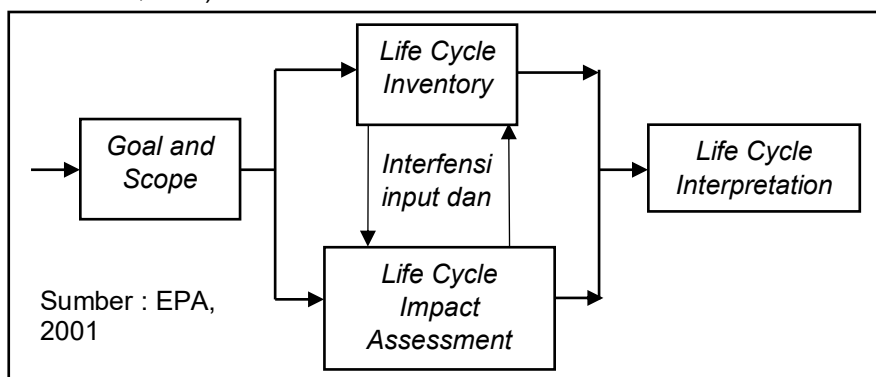
#### **2.8 Life Cycle Assessment**

LCA adalah sebuah teknik yang digunakan untuk melakukan penilaian terhadap dampak lingkungan yang berhubungan dengan suatu produk. Tahap pertama pada LCA adalah menyusun dan menginventarisasi masukan dan keluaran yang berhubungan dengan produk yang akan dihasilkan (Hermawan, *et al*, 2013). LCA adalah pendekatan "cradle-to grave" untuk menilai sistem industri. "Cradle-to-grave" dimulai dengan pengumpulan bahan baku dari bumi untuk menciptakan produk dan berakhir pada titik ketika semua bahan dikembalikan ke bumi. LCA memungkinkan estimasi dampak lingkungan kumulatif yang dihasilkan dari semua tahapan dalam siklus hidup produk, sehingga akan diketahui bagian mana yang menimbulkan dampak terhadap lingkungan paling besar (Bacon dalam Putri, *et al* , 2014). Setelah diketahui dampak kritis dari seluruh kegiatan terhadap

lingkungan maka akan diperoleh beberapa alternatif perbaikan untuk masing-masing kegiatan dalam *supply chain*. Alternatif perbaikan yang diusulkan untuk masing-masing rantai dapat digunakan sebagai dasar pembuatan alternatif untuk *life cycle* yang ada sehingga didapatkan *supply chain* yang sesuai dengan konsep *green supply chain management* (Putri, et al, 2014).

### 2.6.1 Tahapan LCA

Fase LCA sesuai dengan ISO 14040 (Marriot, 2007 dalam Santoso,2012):



**Gambar 2.4 Tahapan LCA Penyusunan LCA**

1. *Goal and Scope* bertujuan untuk merumuskan dan menggambarkan tujuan, sistem yang dievaluasi, batasan, dan asumsi yang berhubungan dengan dampak di sepanjang siklus hidup dari sistem yang dievaluasi. Serta pemilihan metode dalam pelaksanaan LCA. Berikut tabel metode yang terdapat dalam simapro 8.3:

**Tabel 2.1 Metode pada SimaPro 8.3**

No	Metode	Keterangan
1	CML-IA	Pendekatan titi tengah
2	Ecplogical Scarcity 2013	Metode ini mempertimbangkan dampak lingkungan- emisi polutan dan konsumsi sumber daya
3	EDIP 2003	Pendekatan dampak lingkungan pada kegiatan industrial product

No	Metode	Keterangan
4	EPD 2013	Metode yang memiliki konsep deklarasi produk ramah lingkungan
5	EPS 2000	Metode yang diperuntukkan untuk pengembangan produk internal perusahaan. Model dan data dibuat dari sudut pandang utilitas yang diharapkan dari suatu produk pengembangan.
6	Impact 2002+	Metodologi penilaian dampak dengan implementasi pendekatan midpoint/damage gabungan yang sesuai, yang menghubungkan semua jenis inventaris siklus hidup
7	ReCiPe	Metode dengan mengintegrasikan pendekatan berorientasi masalah dan pendekatan berorientasikan kerusakan.
8	ILCD 2011 Midpoint+	Penerapan metode koreksi
9	Building for Environmental and Economic Sustainability (BEES)	Metode ini menggabungkan penilaian siklus hidup parsial dan biaya siklus hidup untuk bahan bangunan dan konstruksi menjadi alat. Metode ini membantu dalam pemilihan produk yang menyeimbangkan lingkungan dan ekonomi kerja
10	IPCC 2013	Metode berdasarkan faktor perubahan iklim dengan jangka waktu 20 dan 100 tahun

2. *Life Cycle Inventory* (LCI) mencakup pengumpulan data dan perhitungan input dan output ke lingkungan dari sistem yang sedang dievaluasi. Fase ini menginventarisasi penggunaan sumber daya, penggunaan energi dan pelepasan ke lingkungan terkait dengan sistem yang dievaluasi.
3. *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) merupakan penanganan dari dampak terhadap lingkungan, semua dampak penggunaan dari sumberdaya dan emisi yang dihasilkan dikelompokkan dan dikuantifikasi kedalam jumlah tertentu kategori dampak yang kemudian diberi bobot sesuai dengan tingkat kepentingannya. Tahapan pada LCIA sendiri terdiri dari *Characterization*,



*Normalization, Weighting, dan Single score* yang memiliki penjelasan yaitu (Sitepu,2011) :

- *Characterization* merupakan tahapan dimana keseluruhan *input* dan *output* akan dinilai kontribusinya sesuai dengan kategori dampak yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya. Hasil dari tahap ini adalah suatu profil dampak lingkungan dari sistem yang diamati.
  - *Normalization* merupakan tahapan dimana keseluruhan dampak yang telah dinilai dan akan dibandingkan dan disederhanakan dibuat dalam suatu basis ukuran yang sama. Tujuan dilakukannya *valuation* adalah untuk mendapat nilai perbandingan yang sama untuk setiap kategori dampak yang ada sehingga memudahkan interpretasi selanjutnya.
  - *Weighting* merupakan metode yang memperbolehkan tahapan pembobotan *dalam impact categories*. Hal ini berarti hasil dari *impact category indicator* akan dikalikan dengan *weighting factor*, dan akan diakumulasikan sebagai *total score*.
  - *Single score* memperlihatkan tiap-tiap proses produksi yang mempunyai dampak terhadap lingkungan.
4. *Interpretation* merupakan integrasi dari hasil *life-cycle inventory* dan *life-cycle impact assessment* yang kemudian digunakan untuk mengkaji, menarik kesimpulan dan rekomendasi yang konsisten dengan tujuan dan lingkup yang telah diformulasikan.

## 2.9 SimaPro 8.3

SimaPro merupakan salah satu software yang dapat digunakan untuk melakukan analisis dampak lingkungan dari suatu sistem amatan tertentu. Data yang dimasukkan dalam software SimaPro ditentukan berdasarkan deskripsi sistem amatan yang sudah dijelaskan sebelumnya meliputi distribusi bahan baku, proses produksi, serta distribusi produk akhir (Kautzar, 2015). Software SimaPro yang digunakan di dalam analisis LCA ini adalah SimaPro versi 8.0. Software SimaPro dengan versi terbaru ini memiliki update dari databasedatabase dari standar-standar di dalam analisis ekologi, dan pada versi terbaru ini memiliki database LCA atau database eko inventori yang terbaru. Hasilnya akan mengkalkulasi inputan seperti kuantitas dan kualitas bahan

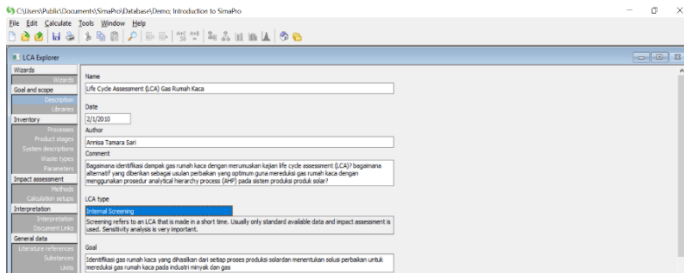
baku dan menghasilkan outputan suatu nilai grafik. SimaPro memiliki kelebihan dibandingkan software lainnya, diantaranya sebagai berikut (Pre, 2014):

- Bersifat fleksibel
- Dapat digunakan secara *multi-user-version* sehingga dapat menginput data secara berkelompok meskipun berbeda lokasi
- Memiliki metode dampak yang beragam
- Dapat menginventarisasi data dalam jumlah banyak
- Data yang didapatkan memiliki nilai transparansi yang tinggi, dimana hasil interaktif analisis dapat melacak hasil lainnya kembali ke asal-usulnya
- Mudah terhubung dengan perangkat lain, salah satunya adalah AHP
- Hadir dengan 3 versi yang diklasifikasikan berdasarkan pengguna
  - SimaPro *Compact* : digunakan untuk mengatur tugas kompleks
  - SimaPro *Analyst* : digunakan untuk melakukan permodelan siklus hidup dan berisi fitur analisis yang canggih
  - SimaPro *Developer* : digunakan untuk untuk menciptakan alat penilaian siklus hidup yang berdedikasi dengan fitur diperpanjang seperti langsung menghubungkan dengan Excell

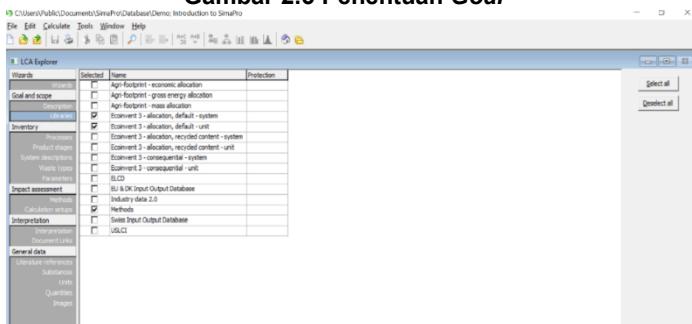
Terdapat beberapa tahapan pada SimaPro yakni:

a) Menentukan *Goal and Scope*

- *Text field*, untuk menginput data pemilik, judul penelitian, tanggal, komentar, alasan dan tujuan melakukan penelitian LCA
- Pemilihan *libraries*, memilih metoda yang akan digunakan



Sumber : SimaPro 8.3 Tutorial  
**Gambar 2.5 Penentuan Goal**

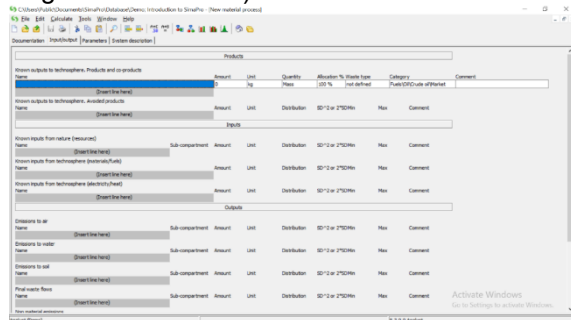


Sumber : SimaPro 8.3 Tutorial  
**Gambar 2.6 Penentuan Scope**

Pada tahap ini dipilih *scope* penelitian yang dipilih adalah *Industry data 2.0*. *Scope* ini dipilih dikarenakan fokus terhadap:

- **Input**  
 Input data ini berupa material dan energi yang digunakan pada kegiatan industri minyak dan gas.
- **Output**  
 Output pada kegiatan minyak dan gas berupa emisi gas rumah kaca dan gas pencemar udara
- b) Melakukan inventarisasi
  - *Process*, merupakan input data mengenai input dan output, *documentation*, parameter, dan *system description* mengenai proses kegiatan industri tersebut.
  - *Product stages*, mendeskripsikan bagaimana suatu produk diproduksi, digunakan, dan dibuang.

- *System description*, rekaman terpisah untuk mendeskripsikan struktur dari sistem
- *Waste types*, terdapat *waste scenarios* (material dibuang) dan *disposal scenarios* (produk yang digunakan kembali).



Sumber : SimaPro 8.3 Tutorial

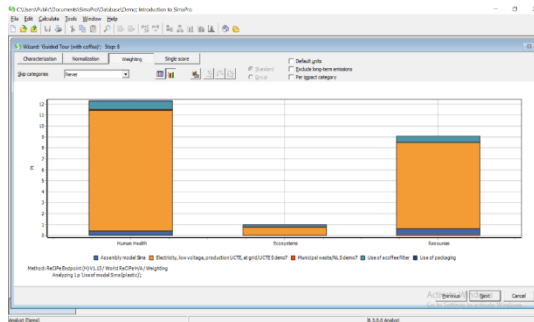
**Gambar 2.7 Data Inventory Process pada Software SimaPro 8**

Pada tahap ini diinput data, seperti proses pada produksi solar yang menghasilkan emisi gas rumah kaca. Kemudian dimasukkan beban emisi yang dihasilkan, dimana data ini dalam jumlah per tahun.

c) Penilaian terhadap cemaran

- *Characterization*, merupakan senyawa kimia pada suatu proses yang memiliki kontribusi pada 14 *impact category* yang terdapat pada LCA. Pada *characterisation* akan disajikan nilai prosentase masing masing emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh sub proses terhadap 1 *impact category*.

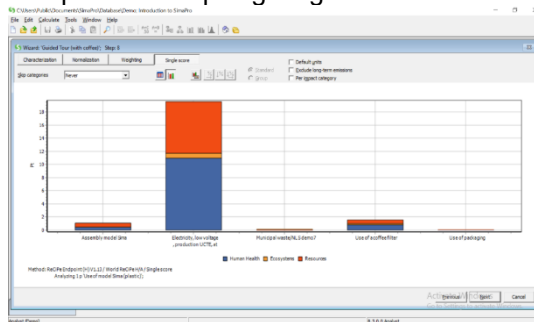




Sumber : SimaPro 8.3 Tutorial

**Gambar 2.10 Hasil Perkalian *Impact Category* dengan *Weighting Category***

- *Single score*, merupakan proses yang memperlihatkan proses produksi yang mempunyai dampak terhadap lingkungan.



Sumber : SimaPro 8.3 Tutorial

**Gambar 2.11 Hasil Dampak Lingkungan dari Setiap Kegiatan (SimaPro Tutorial)**

- Interpretasi data  
Mengevaluasi suatu kesimpulan untuk digambarkan dan bagaimana dapat dipertanggung jawabkannya.

## 2.10 Analytical Hierarchy Process

AHP merupakan suatu model pendukung keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. Model pendukung keputusan ini akan menguraikan masalah multi faktor atau multi kriteria yang kompleks menjadi suatu hirarki. Hirarki didefinisikan sebagai suatu representasi dari sebuah permasalahan yang

kompleks dalam suatu struktur multi level dimana level pertama adalah tujuan, yang diikuti level faktor, kriteria, sub kriteria, dan seterusnya ke bawah hingga level terakhir dari alternatif. Dengan hirarki, suatu masalah yang kompleks dapat diuraikan ke dalam kelompok-kelompoknya yang kemudian diatur menjadi suatu bentuk hirarki sehingga permasalahan akan tampak lebih terstruktur dan sistematis (Amar, 2014).

Kelebihan dari model AHP dibandingkan dengan model pengambilan keputusan yang lain terletak pada kemampuannya untuk memecahkan masalah yang multiobjektif dengan multikriteria. Kebanyakan model yang sudah ada memakai single objectives dengan multikriteria. Kelebihan model AHP ini lebih disebabkan oleh fleksibilitasnya yang tinggi terutama dalam pembuatan hirarki. Sifat fleksibel tersebut membuat model AHP dapat menangkap beberapa tujuan dan beberapa kriteria sekaligus dalam sebuah model atau sebuah hirarki (Ardiyanto, 2015). Metode AHP juga berdasarkan dari responden para ahli yang memahami terkait isi penelitian, sehingga nilai tersebut dapat dipertanggung jawabkan.

Konsep metode AHP adalah merubah nilai-nilai kualitatif menjadi nilai kuantitatif. Sehingga keputusan-keputusan yang diambil bisa lebih obyektif. Metode AHP merupakan salah satu model untuk pengambilan keputusan yang dapat membantu kerangka berfikir manusia (Supriyono, et al, 2007). Menurut Sambudi Hamali tahun 2015, Proses hirarki analisis memiliki prinsip dasar sebagai berikut:

1. Menyusun secara hirarkis, yaitu memecahkan masalah dalam unsur yang terpisah. Fokus permasalahan dibuat secara hirarkis dengan permasalahan utama dijadikan sebagai prioritasnya.
2. Menetapkan prioritas, yaitu menentukan peringkat elemen-elemen menurut relatif pentingnya. Setelah menyusun hirarki, selanjutnya memberikan penilaian tentang kepentingan relatif dua elemen pada suatu tingkat tertentu. Dalam penilaian kepentingan relatif dua elemen berlaku aksioma berbalikan (*reciprocal*) yakni: jika A dinilai 3 kali B maka otomatis B adalah sepertiga A. Dalam bahasa matematika  $A=3B$  maka  $B=1/3A$ .

**Tabel 2.2 Skala banding secara berpasangan**

Tingkat Kepentingan	Arti
1	Sama penting satu sama lain
3	Agak penting dibanding yang lain
5	Lebih penting dibanding yang lain
7	Sangat penting dibanding yang lain
9	Mutlak penting dibanding yang lain
2,4,6,8	Nilai diantara dua penilaian yang berdekatan

3. Mengukur konsistensi logis, yaitu menjamin bahwa semua elemen dikelompokkan secara logis dan diperingkatkan secara konsisten sesuai dengan kriteria yang logis. Proses AHP mencakup pengukuran konsistensi yaitu dimana pemberian nilai dalam perbandingan antar objek telah dilakukan secara konsisten. Secara umum, hasil analisis dianggap konsisten jika memiliki CR 10%. Jika nilai  $CR > 10\%$ , perlu dipertimbangkan untuk melakukan re-evaluasi dalam penyusunan matriks perbandingan.

## **2.11 Penggunaan Expert Choice untuk AHP**

Expert Choice adalah sebuah aplikasi yang khusus digunakan sebagai alat bantu implementasi model-model dalam *Decision Support System* (DSS) atau yang lebih dikenal dengan sebutan Sistem Penunjang Keputusan (SPK) dalam sebuah perusahaan ataupun untuk keperluan akademik. Beberapa kemudahan terdapat dalam *Expert Choise* dibandingkan dengan *software* sejenis (Nasution, 2013), kemudahan-kemudahan tersebut antara lain:

- Fasilitas *Graphical User Interface* (GUI) yang mudah digunakan. Sehingga cocok digunakan baik bagi kalangan perusahaan ataupun bagi kalangan akademik yang baru saja mempelajari tentang seluk beluk Sistem Penunjang Keputusan
- Banyak fitur-fitur yang menyediakan pemodelan *Decission Support System* secara baik, tanpa perlu melakukan instalasi atau setting ulang parameter yang terlalu banyak.

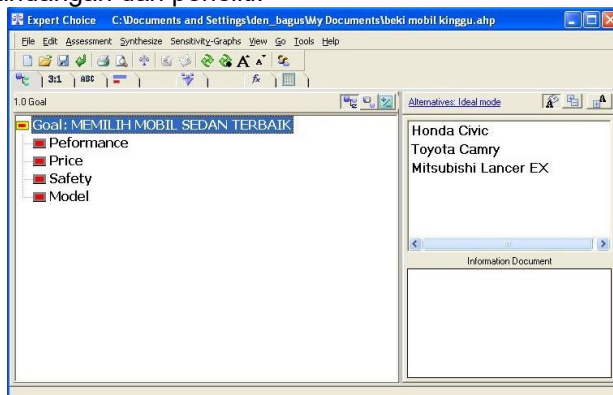


Perangkat lunak ini dapat digunakan untuk menentukan keputusan-keputusan yang sulit untuk dipecahkan ataupun diputuskan oleh para pengambil keputusan. Software ini memiliki tingkat keakuratan yang tinggi untuk metode Proses Hirarki Anatilik (AHP), bilamana didukung dengan data-data yang konsisten.

Cara menggunakannya adalah dengan cara sebagai berikut (Lestari, 2009):

1. Memasukkan *goal*, kriteria, dan alternatif

Tahap ini merupakan langkah awal yang dilakukan pada *Expert Choice*. Mencantumkan *goal* atau tujuan dari penelitian pada kolom yang tersedia. Kemudian dilakukan input data alternatif sebagai output yang akan dipilih dalam keputusan. Alternatif didapat dari hasil penilaian pada LCA. Kemudian, dilakukan penentuan kriteria yang mendukung penelitian dalam mengambil keputusan. Kriteria ditentukan berdasarkan perspektif dan pandangan dari peneliti.



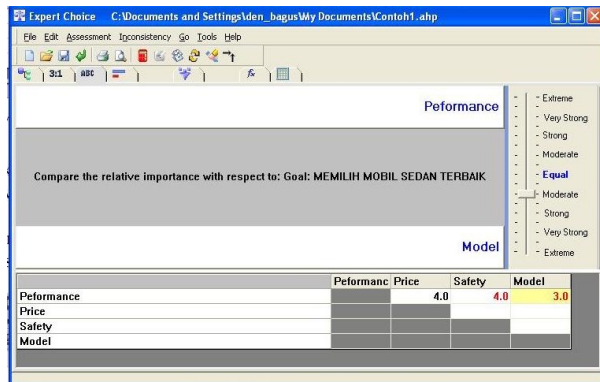
Sumber : *Expert Choice Tutorial*

**Gambar 2.12 Memasukkan Goal dan Kriteria pada *Expert Choice***

2. Melakukan perhitungan dengan membandingkan satu kriteria terhadap kriteria yang lain.

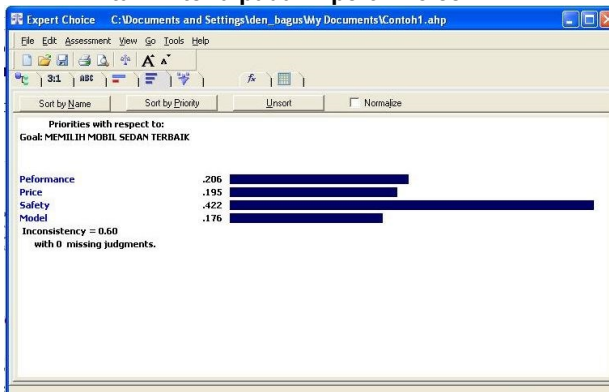
Sebelum melakukan perhitungan, masing – masing kriteria yang telah ditetapkan pada tahap sebelumnya akan dilakukan proses pembobotan. Kemudian dilakukan

perbandingan antar alternatif pada tiap kriteria yang telah ditetapkan. Nilai yang diinput merupakan nilai hasil wawancara dan perspektif peneliti. Pada tiap nilai memiliki nilai kepentingan sendiri (pada Gambar 2.13). Setelah pembobotan, peneliti melakukan skala prioritas dari seluruh kriteria tersebut (pada Gambar 2.14).



Sumber : *Expert Choice Tutorial*

**Gambar 2.13 Memasukkan Pembobotan Perhitungan Perbandingan Antar Kriteria pada Expert Choice**



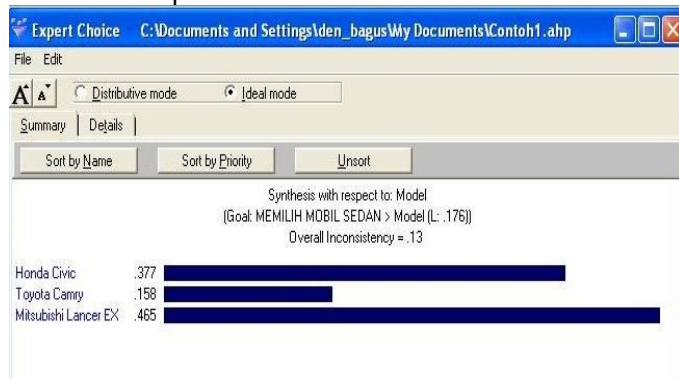
Sumber : *Expert Choice Tutorial*

**Gambar 2.14 Memasukkan Skala Prioritas Perhitungan Antar Kriteria pada Expert Choice**

3. Menghasilkan jawaban atau keputusan yang dianjurkan untuk di pilih

Tahap ini merupakan tahap akhir dalam pengambilan keputusan dengan *Expert Choice*. Terdapat 2 tahap yakni:

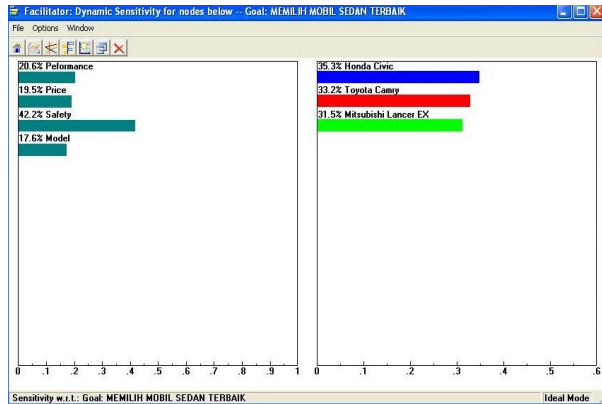
- *Synthesizing* untuk mendapatkan hasil  
Merupakan hasil sintesa pada alternatif dimana dilakukan pembobotan terlebih dahulu sesuai dengan kebutuhan peneliti.



Sumber : *Expert Choice Tutorial*

**Gambar 2.15 Memasukkan Pembobotan Antar Alternatif pada Expert Choice**

- *Sensitivity analysis*  
Sensitivity Analysis dilakukan untuk mengetahui variasi dari prioritas kriteria untuk mengamati sejauh mana efeknya terhadap prioritas alternatif.



Sumber : *Expert Choice Tutorial*

### Gambar 2.16 Sensitivity analysis pada Expert Choice

Dalam memilih kriteria pada setiap masalah pengambilan keputusan perlu memperhatikan kriteria sebagai berikut:

1. Lengkap, mencakup aspek penting dan digunakan dalam mengambil keputusan
2. Operasional, setiap kriteria mempunyai arti bagi pengambil keputusan
3. Tidak berlebihan, menghindari adanya kriteria yang mengandung pengertian yang sama
4. Minimum, diusahakan agar jumlah kriteria minimum untuk mempermudah pemahaman

## 2.12 Hubungan *Life Cycle Assessment* dan *Analytical Hierarchy Process*

Pada penelitian ini menggunakan LCA digunakan untuk meneliti dan untuk menganalisis aspek lingkungan yang berhubungan dengan suatu produk dan siklus hidupnya. Hasil dari pendekatan LCA melalui bantuan *software* SimaPro 8.3, dapat diketahui bahwa suatu bahan atau proses tertentu dapat menimbulkan dampak terhadap lingkungan (misalnya *global warming*) lebih besar dibandingkan dengan bahan atau proses lain tertentu dalam mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan. Alternatif yang dimunculkan didukung beberapa kriteria, sehingga dalam pengambilan keputusan akan diperoleh alternatif model kebijakan yang optimal. (Sitepu,2011).

Adapun pemilihan alternatif dengan mempertimbangkan kriteria yang ada melalui pendekatan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Metode ini menggunakan pendekatan pendapat dari para ahli. Untuk memperoleh hasil yang maksimal dari suatu program, langkah awal adalah memilih dan menentukan prioritas yang tepat dan selanjutnya melaksanakannya dengan benar (Makasau, 2012).

## **BAB 3**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Metode penelitian merupakan langkah kerja peneliti dalam melakukan penelitian. Metode penelitian ini terdiri dari kerangka penelitian, tahapan pelaksanaan, input data SimaPro, dan penentuan alternatif dengan AHP.

#### **3.1 Kerangka Penelitian**

Kerangka penelitian disusun untuk memberikan panduan secara sistematis dalam melakukan penelitian. Susunan metode penelitian ini berdasarkan tujuan secara umum penelitian, yakni mendapatkan alternatif proses produksi. Dari tujuan secara umum kemudian dirancang menjadi ide penelitian, studi literatur, pengumpulan data, menganalisis gas rumah kaca menggunakan *Life Cycle Assessment* (LCA) dengan software SimaPro 8.3, menentukan kebijakan alternatif dari hasil LCA menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dengan *software* Expert Choice dan penarikan kesimpulan. Kerangka alur penelitian disajikan pada Gambar 3.1

#### **3.2 Tahapan Pelaksanaan Penelitian**

Pelaksanaan penelitian dibagi menjadi beberapa tahap yaitu, tahap pengumpulan data sekunder. Data sekunder yang diperoleh dianalisa menggunakan metode LCA dengan menginputkan data material dan penggunaan energi. Pada setiap proses produksi diketahui emisi gas rumah kaca yang dihasilkan yang kemungkinan mempengaruhi proses terjadinya global warming. Kemudian menentukan kebijakan alternatif proses produksi dengan menginput hasil wawancara.

##### **3.2.1 Studi Literatur**

Sumber literatur yang digunakan berupa jurnal internasional, jurnal nasional, dan *text book* yang berhubungan dengan penelitian. Studi literatur yang dipelajari antara lain:

1. Pemanasan global
2. Pencemaran udara
3. Gas rumah kaca di Indonesia
4. Karakteristik emisi
5. Bahan bakar minyak jenis solar

6. *Life Cycle* BBM jenis solar
7. *Life Cycle Assessment* (LCA)
8. SimaPro 8.3
9. *Analytical Hierarchy Process* (AHP)
10. Aplikasi *Expert Choice*

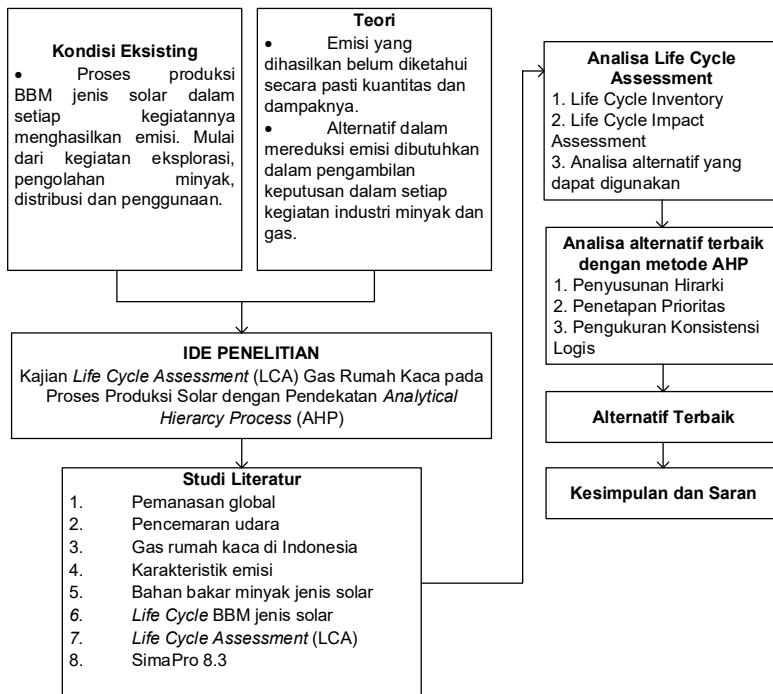
### 3.2.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dibutuhkan ada dua yaitu, data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang didapatkan secara langsung berupa analisa laboratorium, hasil observasi dan responden kuisioner. Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung dapat berupa hasil studi literatur atau dari suatu instansi. Data tersebut dibutuhkan untuk mendukung dan memperkuat penelitian.

- Pengumpulan Data Primer  
Data primer yang dibutuhkan adalah kuisioner dan wawancara kepada pada ahli, yang akan digunakan untuk menentukan alternatif terbaik.
- Pengumpulan Data Sekunder  
Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data jumlah bahan baku yang digunakan, jumlah dan jenis bahan bakar, jumlah produk yang dihasilkan, data distribusi produk dan jumlah penggunaan produk dan emisi yang dihasilkan.

### 3.2.3 Analisis Data dan Pembahasan

Data sekunder yang telah diperoleh diinput kedalam *software* SimaPro 8.3 untuk menganalisis *Life Cycle Assessment* (LCA). Penginputan data berupa data bahan baku, energi dan emisi yang dihasilkan dari setiap proses produksi produk. Data yang telah diinput menghasilkan jumlah gas rumah kaca tiap ton produk.



**Gambar 3.17 Kerangka Penelitian**

### 3.3 Input Data dalam SimaPro 8.3

Data yang diperoleh selanjutnya dilakukan pengolahan data dengan analisis menggunakan SimaPro 8.3. Terlebih dahulu dilakukan input data bahan baku, energi dan emisi yang digunakan pada setiap kegiatan proses produksi produk BBM jenis solar. Input data pada proses eksplorasi dan produksi adalah hidrokarbon dan proses pengolahan adalah *crude oil*. Pada kegiatan distribusi akan masuk pada sistem *shipping* pada proses pengolahan. Sedangkan untuk kegiatan penggunaan dilakukan inventarisasi emisi.



### **3.3.1 Penentuan *Goal and Scope***

Penentuan tujuan penelitian didasari dari tujuan penelitian, yaitu adalah Identifikasi emisi pada proses produksi solar di industri minyak dan gas. Batasan penelitian dengan menggunakan *ecoinvent system process*. Batasan ini dipilih karena berdasarkan input dan output yang terjadi pada kegiatan proses produksi solar. Input penelitian ini merupakan bahan baku dan penggunaan energi. Sedangkan output penelitian merupakan lepasnya emisi.

### **3.3.2 *Life Cycle Inventory***

*Life Cycle Inventory* melakukan penginputan data berupa bahan baku dan energi yang digunakan pada setiap proses produksi produk yang dibutuhkan. Kemudian memasukan emisi gas yang dihasilkan. Data yang diinput dikonversi dalam satuan per liter produk dalam kurun waktu tertentu.

### **3.3.3 *Impact Assessment***

Dampak lingkungan yang dihasilkan dilakukan penilaian menggunakan metode *Environmental Design of Industrial Products* (EDIP) 2003. Metode ini dipilih karena fokus pada kegiatan industri dan *impact category* yang berkaitan terhadap dampak pada udara. *Impact category* yang tersedia pada metode ini adalah *global warming 100a, ozone depletion, ozone formation, acidification, terrestrial eutrophication, aquatic eutrophication EP, human toxicity, ecotoxicity, hazardous waste, slag/ashes, bulk waste, radioactive waste*, dan *resources*. Dari *impact category* tersebut dipilih yang berkaitan dengan dampak terhadap udara. Hasil penginputan data life cycle inventory diperoleh grafik dari setiap proses dimana menunjukkan nilai *impact assessment* yang menjadi prioritas. Prioritas *impact assessment* pada penelitian ini dipilih berdasarkan besarnya dampak yang ditimbulkan oleh emisi gas rumah kaca dan gas pencemar udara.

#### **3.3.3.1 *Characterization***

*Characterization* adalah mengalikan senyawa-senyawa kimia yang berkontribusi pada *impact category* dengan *characterization factor* untuk menggambarkan kontribusi relatif substansi tersebut. Dimana besar emisi yang dihasilkan dari setiap kegiatan tersebut mempengaruhi keseluruhan *impact category*.

#### **3.3.3.2 Normalization**

*Normalization* merupakan penyetaraan satuan sesuai dengan masing-masing *impact category* yang dipilih. *Impact category* terpilih pada penelitian ini ditentukan berdasarkan dampak terbesar yang timbul akibat kegiatan industri minyak dan gas.

#### **3.3.3.3 Weighting**

*Weighting* melakukan pembobotan pada *impact categories*, dimana hasil dari *impact category* akan dikalikan dengan *weighting factor* dan kemudian diakumulasi sehingga mendapat *total score*.

#### **3.3.3.4 Single Score**

*Single score* merupakan klasifikasi semua nilai dari *impact category* berdasarkan proses ataupun material pembentuknya. Hasil dari *single score* akan didapatkan faktor yang berkontribusi pada dampak lingkungan, baik dari material ataupun proses produk.

### **3.3.4 Interpretasi Data dalam SimaPro 8.3**

Tahap akhir dalam LCA dihasilkan alternatif untuk dilakukan perbaikan dalam tiap proses produksi. Alternatif yang dihasilkan tidak hanya 1, namun ada beberapa alternatif sebagai pertimbangan dalam mengambil keputusan. Oleh karena itu dibutuhkan penentuan kebijakan yang tepat dengan menggunakan pendekatan tertentu.

### **3.4 Penentuan Keputusan dengan Pendekatan AHP Menggunakan Expert Choice**

Analisa dilakukan dari hasil pengolahan data pada aplikasi SimaPro 8.3, dimana menghasilkan beberapa alternatif. Beberapa alternatif tersebut dianalisa menggunakan *Tree Diagram* dan *Impact Assessment*. Analisa *Tree Diagram* adalah diagram dalam bentuk kotak-kotak yang mengindikasikan proses didalamnya. Pada diagram ini memperoleh hasil proses mana yang memiliki dampak lingkungan terbesar. Kemudian, melakukan analisa *impact assessment* yang langkahnya sama dengan *impact assessment* pada LCA. Hasil analisa menghasilkan alternatif-

alternatif perbaikan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca yang terjadi. Perbaikan dilakukan untuk meningkatkan nilai lingkungan suatu produk dari setiap proses produksi produk. Kemudian ditentukan alternatif terbaik dengan metode AHP menggunakan *software expert choice*.

### 3.4.1 Pemilihan Kriteria Dalam Prosedur AHP

Pemilihan kriteria dalam prosedur AHP ditentukan berdasarkan alternatif yang dihasilkan pada LCA.

### 3.4.2 Pemilihan Alternatif

Pemilihan alternatif berdasarkan hasil analisa LCA pada software SimaPro 8.3. alternatif tersebut nantinya dibobotkan dan dipilih berdasarkan AHP.

### 3.4.3 Purposive sampling

*Purposive* sampling adalah cara penarikan sample yang dilakukan memilih subjek berdasarkan kriteria spesifik yang ditetapkan peneliti berdasarkan ciri atau sifat-sifat populasi yang sudah diketahui sebelumnya. Respon pada penelitian ini berasal dari departemen *Health Safety and Environment* (HSE), bagian operasional dan ahli udara. Berikut penjelasan mengenai *stakeholder analyst*.

**Tabel 3.3 Stakeholder Analyst pada Proses Eksplorasi dan Produksi**

No.	Jabatan	Wilayah Kerja
1	<i>Environment Manager</i>	PT Pertamina Asset II Field Prabumulih
2	<i>Environment Staff</i>	
3	<i>Reservoir Engineer</i>	
4	<i>Reservoir Engineer</i>	
5	Ahli Udara	Dosen Teknik Lingkungan ITS

**Tabel 3.4 Stakeholder Analyst pada Proses Pengolahan**

No.	Jabatan	Wilayah Kerja
1	Engineer Environment	PT Pertamina RU III Plaju
2	Engineer HSE	PT Pertamina RU IV Cilacap
3	PE	

No.	Jabatan	Wilayah Kerja
4	PE	
5	Ahli Udara	Dosen Teknik Lingkungan ITS

**Tabel 3.5 Stakeholder Analyst pada Proses Pengolahan**

No.	Jabatan	Wilayah Kerja
1	Supervisor Distribusi	TBBM Banjarmasin
2	Junior Supervisor Distribution	
3	Junior Asisten HSE	
4	Junior Staff HSE	
5	Ahli Udara	Dosen Teknik Lingkungan ITS

**Tabel 3.6 Stakeholder Analyst pada Proses Pemakaian**

No.	Jabatan	Lokasi Kerja
1	Pegawai Pemerintah	Pemerintah Kota Surabaya
2	Pegawai Pemerintah	
3	Pegawai Pemerintah	Pemerintah Kabupaten Bangkalan
4	Staff Pengajar	Dosen Teknik Lingkungan ITS
5	Ahli Udara	

### 3.5 Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir yang dilakukan yaitu, penarikan kesimpulan dan saran dilakukan setelah selesai analisis data dan pembahasan. Kesimpulan dibuat untuk menjawab tujuan dari penelitian yang dilakukan. Sedangkan saran ditujukan untuk memberi petunjuk dan pengembangan terhadap penelitian sejenis yang mungkin akan dilakukan. Saran yang diberikan merupakan bentuk rekomendasi untuk menyempurnakan penelitian.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB 4

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Profil PT Pertamina

PT Pertamina merupakan perusahaan milik negara yang bergerak di bidang energi meliputi minyak, gas serta energi baru dan terbarukan. Pertamina menyelenggarakan kegiatan usaha di sektor hulu bidang minyak dan gas bumi, meliputi eksplorasi dan produksi, pengolahan minyak, dan pemasaran. Sektor hilir Pertamina meliputi kegiatan pengolahan minyak mentah, pemasaran dan niaga produk hasil minyak, gas dan petrokimia, dan bisnis perkapalan terkait untuk pendistribusian produk perusahaan.

Saat ini tingkat produksi Pertamina EP adalah sekitar 100.000 barrel oil per day (BOPD) untuk minyak. Wilayah Kerja (WK) Pertamina EP seluas 113.613,90 kilometer persegi merupakan limpahan dari sebagian besar Wilayah Kuasa Pertambangan Migas PT Pertamina (Persero). Pola pengelolaan usaha WK seluas itu dilakukan dengan cara dioperasikan sendiri (own operation) dan kerja sama. WK Pertamina EP terbagi ke dalam lima asset. Operasi kelima asset terbagi ke dalam 21 field, yakni

- Asset 1 : Rantau Field, Pangkalan Susu Field, Lirik Field, Jambi Field, dan Ramba Field
- Asset 2 : Prambumulih Field, Pendopo Field, Limau Field dan Adera Field
- Asset 3 : Subang Field, Jatibarang Field dan Tambun Field
- Asset 4 : Cepu Field, Poleng Field dan Matindok Field
- Asset 5 : Sangatta field, Bunnyu Field, Tanjung Field, Sangasanga Field, Tarakan Field dan Papua field

Hasil dari kegiatan EP berupa Crude Oil akan dibawa ke kilang Pertamina untuk dilakukan pengolahan menjadi produk BBM. Kilang-kilang Pertamina menghasilkan produk BBM yang terdiri dari premium, kerosene, solar, avtur, minyak bakar, minyak diesel, Pertamina & Pertamina Plus yang bernilai *Research Octane Number* (RON) tinggi, serta minyak diesel dengan cetane number tinggi dan kandungan sulfur rendah dengan merek Pertamina Dex. Pengolah minyak ini dilakukan di 6 *Refinery Unit* (RU) di seluruh Indonesia dengan kapasitas 1.046,70 ribu Barrel. Keenam Refinery Unit tersebut adalah RU II Dumai-Sei Pakning, RU III

Plaju, RU IV Cilacap, RU V Balikpapan, RU VI Balongan dan RU VII Sorong.

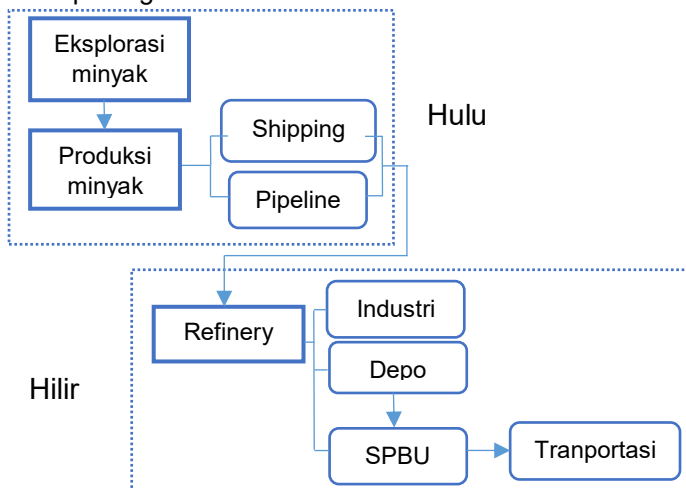
**Tabel 4 7 Kapasitas Unit Pengolahan**

No.	Unit Pengolahan	Kapasitas (MBSD)
1	UP II Dumai	170
2	UP III Plaju	133,7
3	UP IV Cilacap	348
4	UP V Balikpapan	260
5	UP VI Balongan	125
6	UP VII Kasim	10

Sumber : PT Pertamina

#### 4.2 Proses Produksi BBM Jenis Solar

Berdasarkan alur proses produksi BBM jenis solar oleh PT Pertamina dapat digolongkan dalam 3 unit proses. Kegiatan proses produksi terdiri dari kegiatan eksplorasi dan produksi (hulu), pengolahan (hilir), dan distribusi, berikut diagram alir proses produksi pada gambar 4.1



**Gambar 4.18 Alur Proses Produksi BBM Jenis Solar**



Sumber: Google Earth

**Gambar 4.19 Lokasi Penelitian**

Dari gambar diatas diketahui pengambilan data penelitian berada dilokasi Pertamina Asset 2 Field Prabumulih yang terletak pada Pulau Sumatera, Pertamina Refinery Unit III yang terletak pada Kota Palembang, dan TBBM Tanjung Wangi yang terletak pada Kabupaten Banyuwangi.

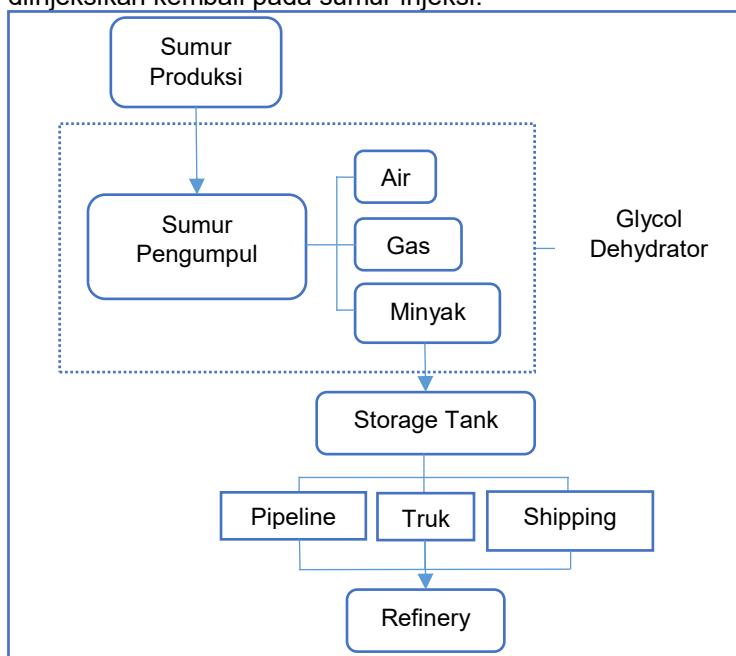
#### **4.2.1 Proses Eksplorasi dan Produksi**

Eksplorasi dan produksi PT Pertamina dilakukan pada 6 wilayah kerja yang ada di Indonesia. Sistem yang digunakan meliputi *onshore* dan *offshore*. Kegiatan ini bertujuan untuk mendapatkan *Crude Oil* (minyak mentah). *Crude oil* di produksi untuk memenuhi kebutuhan baku mutu dalam memproduksi BBM. Pada saat ini total minyak yang terproduksi pada kegiatan eksplorasi dan produksi sekitar 100.258 BOPD. Alur proses eksplorasi dan produksi dapat dilihat pada gambar 4.2

Minyak diproduksi melalui sumur produksi yang telah dilakukan pemboran eksplorasi dan produksi. Alat yang digunakan untuk memproduksi minyak adalah rig. Minyak tersebut selanjutnya akan dikumpulkan pada *gathering station* dimana dilakukan pemisahan antara hidrokarbon, air dan gas. Pemisahan antara ketiganya dilakukan dengan bantuan *Glycol Dehydrator*.



*Glycol Dehydrator* adalah proses dalam pengolahan gas, dimana glikol digunakan untuk sebagai desiccant untuk menyerap kandungan air yang terdapat dalam *feed gas*. Glikol merupakan bahan kimia yang masih berdekatan dengan alkohol. *Feed gas* dikontakkan dengan glikol dalam kolom sehingga terjadi perpindahan massa air antara gas dengan glikol. Gas yang telah terpisah berupa *associated gas* ataupun gas alam. Gas tersebut dapat dimanfaatkan sebagai power engine dalam proses power plant untuk utilitas dan dikomersilkan. Sisa gas lainnya akan dibakar pada flare. Selain itu untuk sisa air terproduksi akan diinjeksikan kembali pada sumur injeksi.



Sumber : PT Pertamina EP Field Prabumulih

#### **Gambar 4.20 Alur Proses Eksplorasi dan Produksi**

Minyak yang telah terpisah disebut sebagai *Crude Oil*. *Crude Oil* akan ditampung terlebih dahulu pada *storage tank* sebelum didistribusikan ke kilang pengolahan. Distribusi *Crude Oil* melalui pipa (*pipeline*) dan kapal. Distribusi *Crude Oil* bertujuan

untuk memenuhi kebutuhan bahan baku pengolahan minyak menjadi produk bahan bakar minyak.

Berdasarkan uraian diatas, terdapat jenis kegiatan dan teknologi yang digunakan dalam proses eksplorasi dan produksi. Teknologi yang diteliti hanya yang berkaitan dengan pengambilan *Crude Oil* sampai distribusi ke kilang pengolahan. Berikut teknologi yang digunakan dalam menghasilkan minyak mentah (*Crude Oil*)

**Tabel 4.8 Fungsi dan Teknologi Proses Eksplorasi dan Produksi**

Proses	Teknologi	Fungsi
<i>Drilling</i>	Sumur Produksi	Mengambil hidrokarbon dari perut bumi
<i>Gathering Station</i>	Sumur Pengumpul	Pengumpulan minyak mentah sementara
Pemisahan Fase	<i>Glycol Dehydrator</i>	Memisahkan hidrokarbon fluida, air, dan gas
Penyimpanan	<i>Storage Tank</i>	Penampungan sementara minyak yang telah terpisah
<i>Shipping</i>	<i>Pipeline</i>	Mendistribusikan <i>Crude Oil</i> ke kilang pengolahan

Sumber : PT Pertamina EP Field Prabumulih

#### 4.2.1.1 Data Bahan Baku dan Produksi

Kegiatan produksi mencakup jumlah bahan baku, unit proses yang digunakan serta jumlah produk yang dihasilkan. Selain itu dalam operasionalnya digunakan energi dalam unit prosesnya. Berikut tabel jumlah bahan baku, unit proses, dan bahan bakar yang digunakan.

**Tabel 4.9 Penggunaan Bahan Baku dan Produk yang Dihasilkan**

Kegiatan Produksi					Kegiatan Pembakaran	
Kegiatan	Material	Unit	Produk	Jumlah Produk (ton/6bln)	Bahan Bakar	Jumlah Bahan Bakar (Ton/6bln)
Drilling	Hidrokarbon fluida	Sumur Produksi	Hidrokarbon	561.168,21	Diesel	1.329.759.808

Kegiatan Produksi					Kegiatan Pembakaran	
Kegiatan	Material	Unit	Produk	Jumlah Produk (ton/6bln)	Bahan Bakar	Jumlah Bahan Bakar (Ton/6bln)
Pemisahan	Hidrokarbon fluida	Sumur Pengumpul	Crude Oil	2.737,9248	Diesel	
Storage	Crude Oil	Storage Tank	Crude Oil	2.737,9248	-	-

Sumber : PT Pertamina EP Field Prabumulih

Hasil akhir berupa *Crude Oil* dikirim ke kilang pengolahan dengan jaringan pipa dari *Field* Prabumulih ke Kilang Pertamina RU III. Berikut Tabel Shipping *Crude Oil*

**Tabel 4.10 Pipeline *Crude Oil***

Kegiatan	Material	Unit	Produk yang Diangkut (Barrel/tahun)	Jarak (km)
Shipping	Crude Oil	Pipeline	3.015.766,58	354

Sumber : PT Pertamina EP Field Prabumulih

#### 4.2.1.2 Beban Emisi

PT Pertamina Eksplorasi dan Produksi dalam kegiatannya melakukan inventarisasi sesuai yang tercantum dalam PerMen LH no.13 tahun 2009. Dalam kegiatannya dihasilkan emisi berupa gas rumah kaca dan gas pencemar udara yaitu CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, SO<sub>2</sub>, dan NO<sub>2</sub>. Sumber emisi tersebut berasal dari kegiatan pembakaran dalam dan luar, flaring, *Glycol Dehydrator*, dan kendaraan operasional di wilayah kerja. Berikut tabel jumlah emisi yang dihasilkan pada setiap kegiatan eksplorasi dan produksi dalam satu tahun.

**Tabel 4.11 Beban Emisi Pada Proses Eksplorasi dan Produksi**

Sumber Emisi	Jenis Kegiatan	CO <sub>2</sub> (Ton/th n)	CH <sub>4</sub> (Ton/th n)	SO <sub>2</sub> (Ton/th n)	NO <sub>2</sub> (Ton/th n)
Emisi Pembakaran	Pembakaran dalam	49683,7	505,19	0,4	1373
	Pembakaran luar	8.296	0,21	0,04	9,35
Emisi Produksi	Flare gas	128112	1718	0.63	3.98
	Glycol Dehydrator	3,82	28,7	0	-

Sumber Emisi	Jenis Kegiatan	CO <sub>2</sub> (Ton/thn)	CH <sub>4</sub> (Ton/thn)	SO <sub>2</sub> (Ton/thn)	NO <sub>2</sub> (Ton/thn)
	Penggunaan kendaraan	4.055			
Emisi Fugitive	Peralatan produksi	79,9	1.148	0	0
	Tangki timbun	0	0,002	0	0

Sumber : PT Pertamina EP Field Prabumulih

#### 4.2.1.3 Emisi yang Dihasilkan dalam 1 ton Produk Hidrokarbon (Crude Oil)

Pada proses eksplorasi dan produksi diketahui jumlah produk minyak mentah dan cadangan yang dimiliki oleh PT Pertamina Assest 2 Prabumulih. Berikut jumlah minyak mentah:

**Tabel 4.12 Data Produksi Minyak PT Pertamina Asset 2 Field Prabumulih**

Jenis Produksi	Jumlah Produksi (ton/tahun)
Produksi Minyak	1.122.336,4

Sumber : PT Pertamina EP Field Prabumulih

Setelah diketahui jumlah minyak mentah yang diproduksi maka dilakukan perehitungan emisi yang dihasilkan dalam satuan ton/produk. Perhitungan beban emisi dalam 1 ton dihitung dengan cara membagi beban emisi produksi *crude oil* dengan total minyak mentah terproduksi. Berikut perhitungan dan hasil perhitungan beban emisi pada proses eksplorasi dan produksi.

Perhitungan total emisi per produk :

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Emisi} &= \text{Emisi} / \text{Jumlah Produk} \\
 &= 4.178,61 \text{ ton CO}_2 / 1.122.336,4 \text{ ton/thn} \\
 &= 0,0037 \text{ ton CO}_2/\text{produk}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.13 Emisi yang Dihasilkan dalam 1 ton Produk Crude Oil**

Jumlah Produk (ton/thn)	Jumlah Emisi yang Dihasilkan (ton/thn)		Jumlah Emisi yang Dihasilkan per Satuan Produk (ton/thn)	
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
1.122.336,4	4.178,61	1.750,4	0,0037	0,0015

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.2.2 Proses Pengolahan BBM Solar

*Crude Oil* dari sektor eksplorasi akan ditampung pada unit *Crude Distilasi (CD)* untuk dilakukan *primary process*. Pada unit *CD* bertujuan untuk merubah *Crude Oil* (minyak mentah) menjadi fraksi-fraksi yang diinginkan. Dimana perubahan *Crude Oil* menjadi fraksinya berdasarkan titik didihnya. *Crude Oil* diterima berasal dari *shipping* proses eksplorasi dan produksi menggunakan kapal dan pipa. Berikut adalah jumlah minyak mentah yang diterima pada kilang Plaju.

**Tabel 4.14 Jumlah Pemakaian Bahan Baku *Crude Oil***

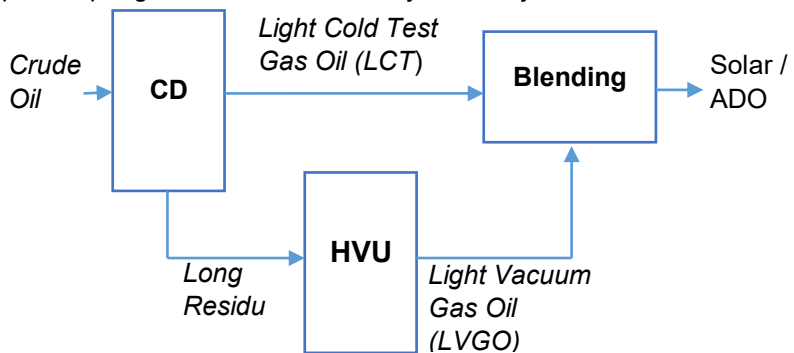
No	Bulan	Jumlah Penerimaan Crude Oil (Barrel/tahun)	
		Pipa	Kapal
1	Januari	1.499.034	1.941.202
2	Februari	1.313.224	1.186.806
3	Maret	1.374.390	1.222.833
4	April	1.323.712	1.188.471
5	Mei	1.339.291	1.198.162
6	Juni	1.268.832	1.249.098
7	Juli	1.317.977	1.236.606
8	Agustus	1.336.427	1.186.731
9	September	1.271.478	1.157.297
10	Oktober	1.314.846	1.049.919
11	November	1.166.654	670.164
12	Desember	1.280.797	1.195.422
Total		15.806.662	14.482.711
Total Crude Oil yang Diterima		30.289.373	

Sumber : PT Pertamina Refinery Unit III Plaju

Dari tabel diatas diketahui sebanyak 30.289.373 barrel/tahun *crude oil* diolah pada pengolahan minyak. Sebanyak 4,5% *crude oil* yang diterima diolah menjadi BBM jenis solar.

20,44% solar dihasilkan dari pengolahan minyak yang terlampir dalam lampiran diagram alir proses produksi.

Untuk menghasilkan BBM jenis solar dengan CN 48 diperlukan campuran antara *Light Cold Test Gas Oil* (LCT) dan *Light Vacuum Gas Oil* (LVGO). Kedua zat tersebut dihasilkan dari unit *Crude Distilasi* dan *High Vacuum Unit* (HVV). Berikut alur proses pengolahan *Crude Oil* menjadi BBM jenis solar.



Sumber : PT Pertamina Refinery Unit III Plaju

#### **Gambar 4.21 Alur Proses Pengolahan Solar Secara Detail**

merupakan *primary process* dengan mengubah fraksi berdasarkan titik didihnya pada kondisi atmosferik. Dari unit CD akan menghasilkan *Long Residu* dan *Light Cold Test Gas Oil* (LCT). Long residu akan dilanjutkan ke unit *High Vacuum Unit* (HVU) untuk mengubah menjadi fraksi yang lebih ringan dalam kondisi vacuum. Hasil dari pengolahan pada unit HVU adalah *Light Vacuum Gas Oil* (LVGO). Kemudian akan dilakukan blending antara LCT dan LVGO yang akan menghasilkan BBM jenis solar atau ADO. Produk BBM jenis solar akan didistribusikan.

#### 4.2.2.1 Data Bahan Baku dan Produksi

Dalam kegiatan kilang pengolahan minyak berkaitan dengan bahan baku dan unit proses. Bahan baku dan unit proses yang digunakan dapat mempengaruhi dampak terhadap lingkungan. Selain itu adanya keterlibatan bahan bakar dalam operasional unit proses. Berikut tabel jumlah bahan baku, unit proses, dan bahan bakar yang digunakan.

**Tabel 4.15 Jumlah Bahan Baku, Unit Proses, dan Bahan Bakar yang Digunakan**

Kegiatan	Material	Unit	Produk	Jumlah Produk (Ton/thn)	Bahan Bakar	Jumlah Bahan Bakar (m3/year)
Primary Process	Crude Oil	Crude Distilasi	Light Cost Test Gas Oil	357.835,9	Fuel Oil	95,58594644
					Ref Gas	307731,6469
			Long Residue	1425.862,4	Mix Gas	964820,1786
Vacuum	Long Residue	High Vacuum Unit	Light Vacuum Gas Oil	16.304,4	Fuel Oil	510,7774033
					Ref Gas	818442,3867
					Mix Gas	2583128,064
Pencampuran	Light Cost Test Gas Oil	Gas Oil Blend	Solar/Ado	1.458.465,9	-	-
	Light Vacuum Gas Oil					

Sumber : PT Pertamina Refinery Unit III Plaju

Hasil akhir berupa solar dikirim ke Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM) dengan kapala tank dan truk. Berikut Tabel Shipping BBM solar.

**Tabel 4.16 Loading-unloading BBM Solar**

Kegiatan	Muatan	Satuan
Loading Unloading (produk)	1458466	ton/thn

Sumber : PT Pertamina Refinery Unit III Plaju

#### 4.2.2.2 Beban Emisi

Kegiatan pengolahan minyak menghasilkan emisi yang berasal dari kegiatan pembakaran pada *Crude Distilasi, High Vacuum Unit*, Suar bakar, dan komponen *fugitive*. Berikut tabel sumber dan beban emisi yang dihasilkan.

**Tabel 4.17 Beban Emisi Proses Pengolahan**

Sumber Emisi	Stack/loka si	CO <sub>2</sub> (Ton/th n)	CH <sub>4</sub> (Ton/thn)	SO <sub>2</sub> (Ton/th n)	NO <sub>x</sub> (Ton/th n)
Emisi Pembakara n	CDU II	21702, 7	0,383003 36	0,08	13,07
	CDU III	31742, 93	0,678709 78	4,78	28,16
	CDU IV	32528, 12	0,736427 1	6,5	32,14
	CDU V	23916, 94	0,557675 37	5,43	24,84
	CDU VI	15550, 54	0,275389 29	0,06	10,3
	HVU II	47414, 14	1,100386 88	10,27	84,73
Emisi Produksi	Suar Bakar	41913, 8	562,07	0,21	24,09
Emisi Fugitive	Pompa	-	0,68	-	-
	Kompresor	-	0,035	-	-
	Valve	-	22,877	-	-
	Flange	-	52,121	-	-
	Tangki Timun	-	0,8072	-	-

Sumber : PT Pertamina Refinery Unit III Plaju



#### 4.2.2.3 Emisi yang Dihasilkan dalam 1 ton Produk Solar

Pada proses pengolahan telah diketahui jumlah produk solar dihasilkan dimiliki oleh PT Pertamina Assest 2 Prabumulih. Berikut jumlah produksi solar/ADO pada PT Pertamina RU III Plaju.

**Tabel 4.18 Data Produksi Solar/ADO pad PT Pertamina RU III Plaju**

Jenis Produk	Jumlah Produk (Barrel)	Jumlah Produk (ton/thn)
Solar/ADO	10792139	1.366.093,544

Sumber : PT Pertamina Refinery Unit III Plaju

Setelah diketahui jumlah solar yang diproduksi maka dilakukan perehitungan emisi yang dihasilkan dalam satuan ton/produk. Perhitungan beban emisi dalam 1 ton dihitung dengan cara membagi beban emisi dengan total minyak solar terproduksi. Berikut perhitungan dan hasil perhitungan beban emisi pada pada proses pengolahan.

Perhitungan total emisi per produk :

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Emisi} &= \text{Emisi} / \text{Jumlah Produk} \\ &= 214.769,2 \text{ ton CO}_2 / 1.366.093,54 \text{ ton/thn} \\ &= 0,15 \text{ ton CO}_2/\text{produk}\end{aligned}$$

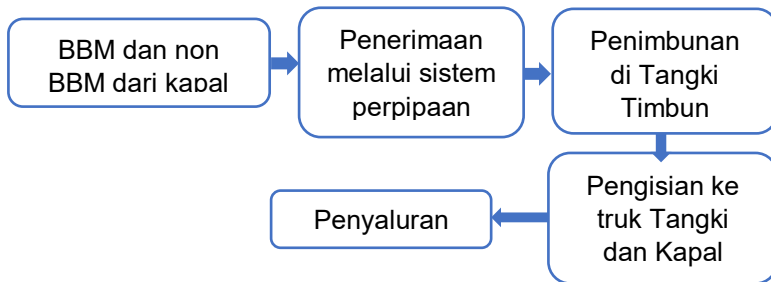
**Tabel 4.19 Emisi yang Dihasilkan dalam 1 ton Produk Solar/ADO**

Jumlah Produk (ton/thn)	Jumlah Emisi yang Dihasilkan (ton/thn)		Jumlah Emisi yang Dihasilkan per Satuan Produk (ton/thn)	
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
1.366.093,544	214769,2	642,3218	0,15	0,00047

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.2.3 Proses Distribusi BBM Solar

Kegiatan distribusi mencakupi kegiatan pada Terminal BBM (TBBM). Penelitian dilakukan pada TBBM Tanjung Wangi yang merupakan bagian dari wilayah kerja Pertamina MOR V. BBM yang diterima merupakan hasil pengolahan dari kegiatan pengolahan (*Refinery Unit*). Dari unit pengolahan akan dilakukan pengiriman menggunakan kapal tanker ke TBBM. Setelah sampai di TBBM akan didistribusikan kepada konsumen. Berikut tahapan operasional yang terjadi pada TBBM Tanjung Wangi.



Sumber: PT Pertamina S&D Region V TBBM Tanjung Wangi, 2017

**Gambar 4.22 Alur Distribusi BBM pada TBBM Tanjung Wangi**

#### 4.2.3.1 Kegiatan Operasional

##### 1. Penerimaan melalui Sistem Perpipaan di Jetty

Suplai BBM ini berasal dari kilang Balongan, Cilacap, Kalbut, dan transit terminal Manggis melalui jalur laut dengan menggunakan kapal tanker yang bersandar di *jetty*. *Jetty* sendiri adalah dermaga dermaga apung yang umumnya digunakan untuk kapal-kapal penumpang pada dermaga angkutan sungai/danau yang tidak membutuhkan konstruksi yang kuat untuk menahan muatan barang yang akan diangkut dengan kapal. BBM yang telah dibongkar dari kapal tanker akan dipompa menuju tanki timbun sesuai dengan kapasitasnya. Jenis BBM solar yang diterima adalah solar dan pertadex dengan jumlah 367.291,7 KL dan 103.505,5 KL. Pada kegiatan ini, emisi yang dihasilkan hanyalah emisi *fugitive* berasal dari komponen *valve*, *flange*, dan pompa yang dipakai pada proses penerimaan. Dimana sumber emisi berasal dari dermaga dan pipa *back loading*. Berikut adalah data dari jumlah komponen dan perhitungan emisi tersebut.

Contoh perhitungan:

Jumlah valve pada dermaga (n) = 10 buah

Faktor emisi CH<sub>4</sub> = 3,86 kg/tahun (metode SGS)

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah emisi} &= \frac{\text{coef CH}_4 \times n \times FE}{1000 \text{ kg/ton}} \\
 &= \frac{0,7 \times 10 \times 3,86}{1000 \text{ kg/ton}} = 0,027 \text{ ton/thn}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4. 20 Emisi pada Proses Penerimaan**

Komponen	Jumlah Komponen(*)		Emisi <i>Fugitive</i> CH <sub>4</sub> (ton/thn)(**)	
	Dermaga	Pompa <i>Back Loading</i>	Dermaga	Pompa <i>Back Loading</i>
<i>Valve</i>	10	33	0,027	0,089
<i>Flange</i>	29	112	0,078	0,302
Pompa	-	5	-	0,0135

Sumber:

\* PT Pertamina S&D Region V TBBM Tanjung Wangi, 2017

\*\* Hasil Perhitungan

2. Penimbunan di Tanki Timbun

Kegiatan ini dilakukan pada area *tank yard* dimana secara garis besar meliputi penimbunan produk di dalam tanki timbun dan *tank cleansing* setiap 5-6 tahun sekali. Pada masing – masing tanki timbun dilengkapi oleh sarana pengurkuran ketinggian minyak, *water sprinkler* sebagai pendingin, sumur pantau sebagai indentifikasi kebocoran tanki, *oil catcher* sebagai jebakan minyak, dan tanggul.

Tipe Tanki = Fixed Roof

Diameter Tanki = 24,4 meter

M Akhir Bulan = 4078,3 Ton

Faktor Emisi = 0,0000002 (metode SGS)

Emisi CH<sub>4</sub> = M Akhir Bulan x Faktor Emisi x  
(Diameter / 45 m)

= 4078,3 Ton x (2 x 10<sup>-7</sup>) x (24,4/41,5)

= 0,000129272 Ton/Bulan

Berikut adalah data tanki timbun BBM jenis bensin di Tanjung Wangi.

**Tabel 4.21 Kapasitas Tanki Timbun pada TBBM Tanjung Wangi**

Nomor Tanki	Produk	Data Tanki (*)			Emisi CH <sub>4</sub> (**)	
		Kapasitas	Jenis tanki	Diameter Tanki (m)	Faktor Emisi	Beban Emisi
T06	Solar	4078,3	Fixed Roof	24,4	0,00000002	4,79 10 <sup>-5</sup>
T09	Solar	9600,75	Fixed Roof	34,2	0,00000002	0,000158239
T11	Solar	4088,5	Fixed Roof	24,4	0,00000002	4,8 x 10 <sup>-5</sup>
T15	Pertadex	409,7	Fixed Roof	9,7	0,00000002	1,91 10 <sup>-6</sup>

Sumber:

\* PT Pertamina S&D Region V TBBM Tanjung Wangi, 2017

\*\* Hasil Perhitungan

### 3. Pengisian BBM ke alat Transportasi Distribusi

Kegiatan penyaluran terdiri dari pengisian ke mobil tanki/RTW di *filling shed* dan loading ke tanker. Pengisian BBM ke dalam mobil tanki dilakukan pada *filling shed*, yakni dengan memompa BBM dan tanki timbun melalui sistem perpipaan dalam bangsal pengisian dan selanjutnya dimasukkan ke truk tanki dengan *loading arm* melalui *manhole* yang ada di atas truk. Sedangkan pada kapal tanker, dilakukan melalui sistem perpipaan dari tanki timbun.

**Tabel 4.22 Jumlah Penggunaan Bahan Bakar dan Beban Emisi Kegiatan Pengisian BBM ke Alat Transportasi Distribusi**

Item	Kegiatan Pembakaran (ton solar/tahun)	Emisi yang Dihasilkan (ton CO <sub>2</sub> /tahun)
Mesin Tugboat	4,08	13
Genset Tugboat	74,6	237,902
<i>Filling Sheed</i>	-	299,77

Sumber: PT Pertamina S&D Region V TBBM Tanjung Wangi, 2017

### 4. Penyaluran

Penyaluran BBM dilakukan dengan mengisi truk tanki yang kemudian didistribusikan ke area kabupaten Banyuwangi, Bondowoso, Situbondo, Besuki, dan Jember. Sedangkan untuk

kapal tanker, akan mengirimkan BBM ke TBBM Camplong (Madura), TBBM Sanggaran (Bali), dan TBBM Kupang (NTT). Kegiatan ini terdapat fasilitas tera untuk mengukur tinggi akurasi volume cairan produk di dalam mobil tanki dan *filling point* sebagai fasilitas pengisi dari tanki timbun ke truk tanki/kapal tanker. Untuk produk premium dan pertamax masing – masing memiliki 3 unit. Data pemakain BBM dan emisi yang dihasilkan dari kegiatan pendistribusian tersebut dapat dilihat pada Tabel 4

**Tabel 4.23 Throughput BBM Jenis Solar Sebagai Pemakaian pada Konsumen**

Produk	Throughput (KL)
Solar	356.291,7
Pertadex	118.790,1

Sumber: PT Pertamina S&D Region V TBBM Tanjung Wangi, 2017

#### 4.2.3.2 Emisi yang Dihasilkan dalam 1 ton Produk Solar, Pertadex, dan BioSolar

Proses distribusi melakukan penyaluran produk solar, pertadex, dan biosolar, yaitu proses operasional dan penunjang. Berikut adalah perhitungan beban emisi yang dihasilkan dalam satuan ton produk.

**Tabel 4.24 Data Produksi Solar, Pertadex, dan BioSolar Terdistribusi**

Jenis Produk	Jumlah Produksi (ton/thn)
Solar	356.291,7
Pertadex	118.790,1

Sumber: PT Pertamina S&D Region V TBBM Tanjung Wangi, 2017

Setelah diketahui jumlah produk yang disalurkan maka dilakukan perehitungan emisi yang dihasilkan dalam satuan ton/produk. Perhitungan beban emisi dalam 1 ton dihitung dengan cara membagi beban emisi dengan total minyak terproduksi. Berikut perhitungan dan hasil perhitungan beban emisi pada pada proses distribusi.

Perhitungan total emisi per produk :

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Emisi} &= \text{Emisi} / \text{Jumlah Produk} \\
 &= 550,672 \text{ ton CO}_2 / 475.081,8 \text{ ton/thn} \\
 &= 1,16 \times 10^{-3} \text{ ton CO}_2/\text{produk}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.25 Emisi yang Dihasilkan dalam 1 ton Produk Solar, Pertadex, dan BioSolar**

Jumlah Produk	Jumlah Emisi (ton/thn)		Jumlah Emisi yang Dihasilkan per Satuan Produk (ton/thn)	
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
475.081,8	550,672	0,4	$1,16 \times 10^{-3}$	$8,41 \times 10^{-7}$

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.2.4 Proses Pemakaian BBM Jenis Solar

Pemakaian BBM jenis solar merupakan tahap terakhir *life cycle*. Dimana pada tahap ini BBM jenis solar akan digunakan oleh konsumen dan hilang dalam bentuk emisi. Pemakaian BBM jenis solar biasanya digunakan oleh kendaraan bermotor. Pada sektor ini akan digunakan perhitungan inventarisasi emisi untuk diketahui emisi yang dihasilkan. Jumlah BBM yang digunakan berdasarkan distribusi yang dilakukan oleh TBBM ke SPBU selama 1 tahun. Berikut data produk BBM jenis solar yang diproduksi.

**Tabel 4.26 BBM Jenis Solar Terproduksi**

Jenis Produk	Jumlah Produksi (ton/thn)
Solar	356.291,7
Pertadex	118.790,1

Sumber: PT Pertamina S&D Region V TBBM Tanjung Wangi, 2017

Pada perhitungan ini nanti akan menghitung sebanyak 3 parameter yakni CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>. Perhitungan beban emisi ini menggunakan metode Tier-1 karena pada CO<sub>2</sub> data yang didapatkan hanya berupa jumlah pemakaian bahan bakar dari masing masing kendaraan saja serta pada CH<sub>4</sub> dan NO<sub>2</sub> tidak diketahui kondisi operasional dari kendaraan dan tak ada alat pengendali. Sebelum menghitung, dicari nilai energy content pada kendaraan operasional yang dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.27 Energy Content**

Tipe Produk	Nama Produk	Energy Content	Satuan
Petroleum products	Aviation gasoline	33,62	MJ/l
	Motor gasoline	34,66	MJ/l
	Kerosene	37,68	MJ/l
	Diesel	38,68	MJ/l

Tipe Produk	Nama Produk	Energy Content	Satuan
	Light fuel oil	38,68	MJ/l
	Heavy fuel oil	41,73	MJ/l

Sumber : Aube, 2001 (CANMET Energy Diversification Research Laboratory, 2001)

Setelah itu menentukan faktor emisi yang digunakan untuk masing-masing indikator emisi. Berikut adalah nilai faktor emisi CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>.

**Tabel 4.28 Faktor Emisi**

Fuel Type	Faktor Emisi (kg/TJ)	
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
Motor Gasoline	69300	33

Sumber : US EPA, 2004

Diketahui :

Jumlah *throughput* produk solar = 356.291,7 KL = 356291700 L

Energy Content = 38,68 MJ/L

Faktor Emisi CO<sub>2</sub> (bahan bakar Pertamina) = 69300 kg/TJ

Beban emisi CO<sub>2</sub>

$$= \text{Jumlah throughput (L)} \times \text{energy content} \left( \frac{\text{MJ}}{\text{L}} \right) \times 10^{-6} \frac{\text{TJ}}{\text{MJ}} \times \text{FE} \left( \frac{\text{kg}}{\text{TJ}} \right) \times$$

$$= (356291700 \text{ L}) \times (38,68 \times 10^{-6}) \times (69300 \times 10^{-3})$$

$$= 482494,32 \text{ ton CO}_2$$

Perhitungan beban emisi lainnya dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.29 Beban Emisi dari Pemakaian BBM**

Produk	Throughput (KL)	Beban Emisi (Ton)		Beban Emisi Persatuan Produk (Ton)	
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
Solar	356291.7	955048.45	1219.06	2.68	0.00128
Pertadex	118790.1	318419.71	151.63	2.68	0.00048

Sumber: Hasil Perhitungan

### 4.3 Analisa LCA menggunakan SimaPro 8.3

Life Cycle Assessment mampu melakukan penilaian secara lengkap dan detail. LCA dapat melakukan evaluasi terhadap material, penggunaan energi, sistem operasional, dampak dari kegiatan tersebut dan menawarkan solusi. Hasil akhir akan mendapatkan dampak terbesar dari kegiatan tersebut dan solusi yang dapat diterapkan. Dalam LCA terdiri dari empat tahapan yaitu goal and scope, input LCI, analisa dampak (LCIA), dan interpretasi data.

#### 4.3.1 Penentuan Goal and Scope

Tujuan penelitian ini berfokus pada dampak gas rumah kaca dan gas pencemar udara dari kegiatan industri minyak dan gas. Dimana aktifitas yang diteliti adalah *drilling process*, *separation*, distribusi dari eksplorasi dan produksi ke *refinery*, *crude distilasi*, *high vacuum unit*, *blending*, dan distribusi ke terminal. Metode yang digunakan *Environmental Design of Industrial Products* (EDIP) 2003, batasan *impact assessment* penelitian ini adalah *global warming 100a*, *ozone depletion*, *ozone formation (Human)*, dan *human toxicity air*.

#### 4.3.3 Penentuan Life Cycle Inventory (LCI)

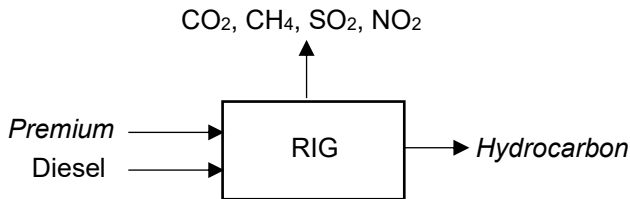
Dalam melakukan analisa dibutuhkan input data yang meliputi kesetimbangan material maupun energi yang digunakan. Data yang digunakan berupa data spesifik dari perusahaan. Data yang didapatkan merupakan data satu tahun dari bulan Januari 2016 hingga bulan Desember 2016.

##### 4.3.3.1 Life Cycle Inventory Proses Eksplorasi dan Produksi

###### 1. Sumur Produksi

Pada sumur produksi terjadi kegiatan *drilling*. *Drilling* merupakan proses awal dalam industri minyak, dimana dilakukan pengambilan *hydrocarbon* didalam bumi. *Hydrocarbon* diproduksi pada sumur produksi dengan bantuan alat rig. Berikut gambar material balance/keseimbangan material.





**Gambar 4.23 Material Balance Sumur Produksi**

Pada proses *drilling* terdapat 2 material/proses yang berperan penting terhadap dampak lingkungan dari aktifitas Industri minyak dan gas. Material tersebut adalah *Hydrocarbon* yang diambil didalam bumi dan bahan bakar diesel yang digunakan untuk operasional *drilling*. Berikut mengenai input data sumur produksi.

**Tabel 4.30 Input Data Sumur Produksi**

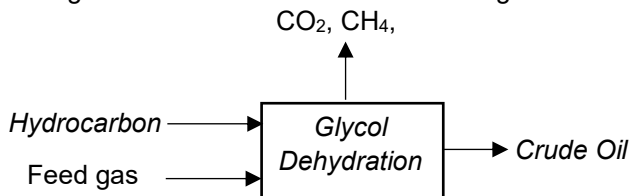
Material/Proses	Besaran	Satuan
Hidrokarbon	1122336,42	ton/thn
Solar	2717,0573	ton/thn
Premium	1,86796	ton/thn

Sumber : PT Pertamina EP Field Prabumulih

Dari tabel diketahui bahwa kegiatan *drilling process* dalam setiap semester diambil sebesar 561168.21 L/semester *Hydrocarbon* dengan memakai alat rig dengan bahan bakar solar. Selain itu adanya faktor penggunaan lahan, dimana adanya aktifitas ini mengakibatkan berubahnya fungsi lahan.

## 2. Glycol Dehydrator

*Glycol Dehydrator* digunakan sebagai alat memisahkan senyawa minyak, air, dan gas dalam fluida. Dalam operasionalnya unit operasi ini menggunakan *Feed Gas*. Berikut gambar material balance/keseimbangan material



**Gambar 4.24 Material Balance Glycol Dehydration**

Pada *glycol dehydrator* terdapat 3 material/proses yang berperan penting yaitu hydrocarbon, triglycol, dan bahan bakar diesel. Berikut tabel mengenai input data *glycol dehydrator*.

**Tabel 4.31 Input Data *Glycol Dehydrator***

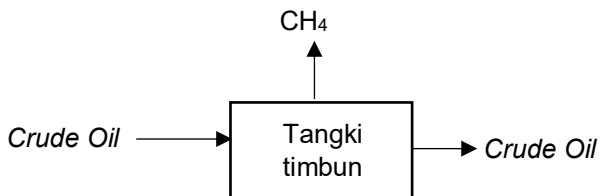
Material/Proses	Besaran	Satuan
Hydrocarbon (produk)	1122336,42	ton/thn
Feed Gas	17881093,94	ton/thn

Sumber : PT Pertamina EP Field Prabumulih

Dari tabel diketahui bahwa untuk memisahkan minyak, gas, dan air dibutuhkan *glycol dehydrator*. Dimana terdapatnya zat kimia *glycol* yang akan menyerap air dalam *feed gas*. Kegiatan pemisahan dalam operasionalnya menggunakan bahan bakar diesel.

### 3. Tangki Timbun

*Crude oil* yang telah terpisah akan dilakukan penyimpanan sementara sebelum didistribusikan. Penyimpanan dilakukan pada unit tangki timbun. Berikut *material balance*/keseimbangan material yang digunakan.



**Gambar 4.25 Material Balance Tangki Timbun Proses Eksplorasi dan Produksi**

Terdapat 12 unit tangki timbun dalam wilayah kerja Prabumulih *Field*. Berikut tabel mengenai input data tangki timbun.

**Tabel 4.32 Input Data Tangki Timbun**

Material/Proses	Besaran	Satuan
Hydrocarbon	1122336,42	ton/thn
Feed Gas	12030400	ton/thn

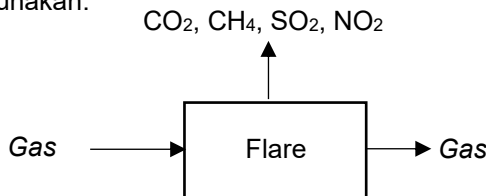
Sumber : PT Pertamina EP Field Prabumulih

Pada kegiatan ini diketahui bahwa adanya keterlibatan *crude oil* dan *land use*. Dimana *crude oil* sebagai produk yang

ditampung dalam tangka timbun. Sedangkan *land use* merupakan lahan yang digunakan tangki timun dalam berpijak.

#### 4. Flare Gas

Flare gas merupakan kegiatan dimana melakukan pembakaran pada gas yang tidak terpakai. Gas dibakar agar memperkecil resiko terhadap dampak. Dimana gas akan berubah dalam bentuk CO<sub>2</sub>. Berikut *material balance*/keseimbangan material yang digunakan.



**Gambar 4.26 Material Balance Flare Gas Proses Eksplorasi dan Produksi**

Pada kegiatan ini hanya ada input berupa volume gas yang akan dibakar. Dimana gas yang dibakar sama dengan produk dari kegiatan *Flaring*. Berikut tabel mengenai input data *Flare Gas*.

**Tabel 4.33 Input Data Flare Gas**

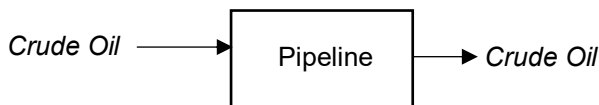
Material/Proses	Besaran	Satuan
Gas to Flare (produk)	49085,03	ton/thn

Sumber : PT Pertamina EP Field Prabumulih

Pada tabel diketahui bahwa keterlibatan utama dari kegiatan ini adalah gas yang dibakar oleh *flare*.

#### 5. Pipeline

Kegiatan *drilling* dilakukan ditempat yang berbeda dari pengolahannya. Ada tujuh wilayah kerja yang tersebar di Indonesia. Oleh karena itu *Crude Oil* yang telah siap diolah dilakukan pengiriman ketempat pengolahan minyak (*Refinery*). Pengiriman dilakukan dengan *pipeline*. Berikut *material balance*/keseimbangan material yang digunakan.



**Gambar 4.27 Material Balance Pipeline**

Pada proses shipping terdapat 2 jenis transportasi/alat yang digunakan dalam pengiriman *crude oil* ke pengolahan minyak (*refinery*). Berikut tabel mengenai input data *pipeline*.

**Tabel 4.34 Input Data Pipeline**

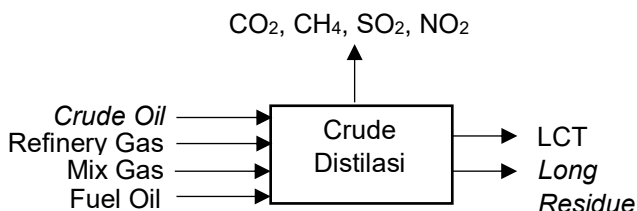
Material/Proses	Besaran	Satuan
Pipeline	354	km

Dari tabel diketahui bahwa dalam proses shipping menggunakan sistem *pipeline* dalam pengirimannya. Pipa membentang sejauh 354 km dari Pertamina Asset II Prabumulih ke Pertamina Refinery Unit III Plaju.

#### 4.3.3.2 Life Cycle Inventory Proses Pengolahan BBM Solar

##### 1. Crude Distilasi

Crude Distilasi merupakan unit pengolahan minyak mentah berdasarkan titik didihnya pada kondisi atmosferik. Unit ini akan menghasilkan fraksi *Light Cold Test Gas Oil* (LCT) dan *Long Residue*. Berikut *material balance*/keseimbangan material yang digunakan.



**Gambar 4.28 Material Balance Crude Distilasi**

Pada proses *Crude Distilasi* terdapat 3 jenis material/proses yang dibutuhkan dalam kegiatan ini. Berikut tabel mengenai input data *Crude Distilasi*.

**Tabel 4.35 Input Data Crude Distilasi**

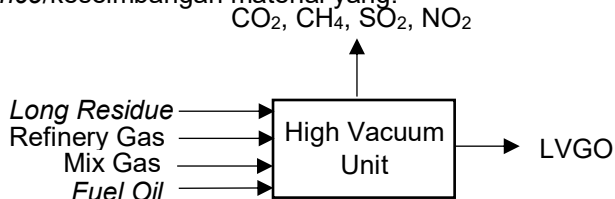
Material/Proses	Besaran	Satuan
Crude Oil	3805770,054	ton/thn
Fuel Oil	86,67733623	ton/thn
Refinery gas (propane gas)	559,1976395	ton/thn
Mix gas (Natural gas)	964820,1786	m3/year

Sumber : PT Pertamina RU III Plaju

Dari tabel diketahui bahwa proses awal mengolah *Crude Oil* menjadi Long Residue dan LCT berdasarkan titik didihnya. Dibutuhkan proses pembakaran untuk mendidihkan *Crude Oil* dengan menggunakan bahan bakar *Refinery gas* dan *Mix gas*. bahan bakar tersebut akan dibakar pada *furnace* dengan diatur perbandingannya.

#### 7. High Vacuum Unit

*High Vacuum Unit* berfungsi untuk mengolah Long Residue dari CD menjadi *Light Vacuum Gas Oil* (LVGO). HVU mengolah long residue untuk mendapatkan kembali fraksi – fraksi ringan yang terkandung dalam residue. Fraksinasi dilakukan pada tekanan 70 mmHg absolut. Berikut material balance/keseimbangan material yang



**Gambar 4.29 Material Balance High Vacuum Unit**

16 Pada proses *High Vacuum Unit* terdapat 3 jenis material/proses yang akan diinputkan kedalam *software* SimaPro. Berikut tabel mengenai input data *High Vacuum Unit*.

**Tabel 4.36 Input Data High Vacuum Unit**

Material/Proses	Besaran	Satuan
Long residue	1425862,42	ton/thn
Fuel Oil	463,1729493	ton/thn
Refinery gas (propane gas)	1487,240767	ton/thn
Mix gas (Natural gas)	2583128,064	m3/year

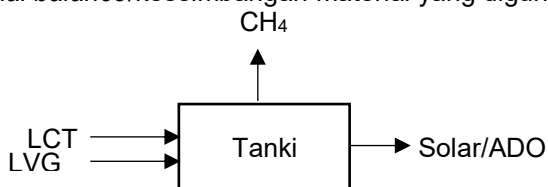
Sumber : PT Pertamina RU III Plaju

Dari tabel diketahui bahwa proses mengubah Long Residue menjadi fraksi lebih ringan dibutuhkan dalam kondisi vacuum. Dalam menghasilkan kondisi vacuum dibutuhkan pembakaran pada furnace. Proses tersebut terjadi akibat pembakaran *Fuel*

Oil, Refinery gas, dan Mix gas. Hasil dari HVU berupa *Light Vacuum Gas Oil* yang selanjutnya akan diolah pada unit HVU.

#### 8. Blending

Blending merupakan proses dimana dilakukan pencampuran antara 2 zat yaitu LCT dan LVGO. Pencampuran kedua zat tersebut dilakukan pada tangki. Hasil pencampuran akan menghasilkan bahan bakar minyak jenis solar/ADO. Berikut *material balance*/keseimbangan material yang digunakan.



**Gambar 4.30 Material Balance Blending**

Pada proses *Blending* terdapat 2 jenis material yang dibutuhkan. Berikut tabel mengenai input data *Blending*.

**Tabel 4.37 Input Data Blending**

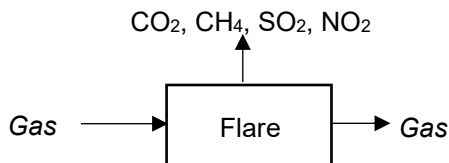
Material/Proses	Besaran	Satuan
Light Cold Test Gas Oil (LCT)	357835,9	ton/thn
Light Vacuum Gas Oil (LVGO)	16304,4	ton/thn

Sumber : PT Pertamina RU III Plaju

Dari tabel diketahui bahwa dalam proses *Blending* hanya melakukan pencampuran pada LCT dan LVGO. Kegiatan ini mempengaruhi tanah sekitar, dimana pendirian tangka blending merubah fungsi lahan.

#### 9. Flare Gas

Flare gas merupakan kegiatan dimana melakukan pembakaran pada gas yang tidak terpakai. Gas dibakar agar memperkecil resiko terhadap dampak. Dimana gas akan berubah dalam bentuk CO<sub>2</sub>. Berikut *material balance*/keseimbangan material yang digunakan.



**Gambar 4.31 Material Balance Flare Gas Proses Pengolahan**

Pada kegiatan ini hanya ada input berupa volume gas yang akan dibakar. Dimana gas yang dibakar sama dengan produk dari kegiatan *Flaring*. Berikut tabel mengenai input data *Flare Gas*.

**Tabel 4.38 Input Data *Flare Gas***

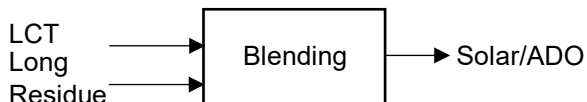
Material/Proses	Besaran	Satuan
Gas to Flare (produk)	4902,1	ton/thn

Sumber : PT Pertamina RU III Plaju

Pada tabel diketahui bahwa keterlibatan utama dari kegiatan ini adalah gas yang dibakar oleh *flare*.

#### 10. *Loading-unloading*

Dalam mendistribusikan produk BBM jenis Solar/ADO perusahaan melakukan pengiriman keseluruh Indonesia. Alur pengiriman dilakukan terlebih dahulu ke TBBM kemudian ke SPBU. Pengiriman dilakukan dengan kapal tangker dari unit pengolahan ke TBBM. Kemudian dilakukan pengiriman dengan truk tangki untuk didistribusikan ke SPBU setempat.



**Gambar 4.32 Material Balance Loadong-Unloading**

Pada proses distribusi BBM jenis solar ke TBBM terdiri dari 3 jenis alat/transportasi. Berikut tabel mengenai input data distribusi.

**Tabel 39 Input Data *Loading-Unloading***

Material/Proses	Besaran	Satuan
Loading Unloading (produk)	1458466	ton/thn

Sumber : PT Pertamina RU III Plaju

Dari tabel diketahui bahwa dalam distribusi BBM jenis solar dilakukan dengan kapal tanker, *pipeline*, dan truk. distribusi ini ditujukan pada depo dan kemudian dilakukan penyebaran ke SPBU.

#### 4.3.3.3 Life Cycle Inventory Proses Distribusi BBM Solar

##### 1. Penerimaan melalui Sistem Perpipaan *Jetty*

Perpipaan *Jetty* merupakan penerimaan yang dilakukan dari kapal tanker yang tersambung dengan tanki timbun. Berikut *material balance*/keseimbangan material yang digunakan.



**Gambar 4.33 Material Balance Perpipaan *Jetty***

Pada sistem ini hanya melakukan penyaluran sehingga tidak ada emisi yang dikeluarkan. Selain itu produk dari kegiatan ini sama seperti material yang masuk. Berikut tabel mengenai input data sistem perpipaan *jetty*.

**Tabel 4.40 Input Data Perpipaan *Jetty***

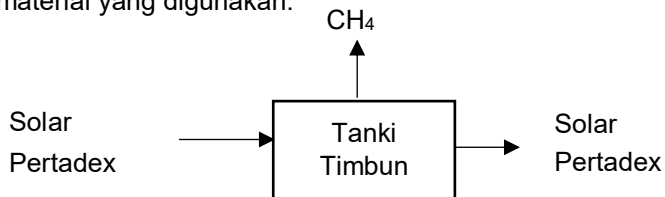
Material/Proses	Besaran	Satuan
Solar	367.291,7	KL
Pertadex	103.505,5	KL

Sumber: PT Pertamina S&D Region V TBBM Tanjung Wangi, 2017

Pada tabel diketahui bahwa kegiatan sistem perpipaan *jetty* mengangkut BBM jenis solar, Pertadex, dan Bio Solar.

##### 2. Penimbunan di Tanki Timbun

Tanki timbun sebagai unit operasi dalam penimbunan sementara produk BBM sebelum dilanjutkan kepenyaluran distribusi ke SPBU. Berikut *material balance*/keseimbangan material yang digunakan.



**Gambar 4.34 Material Balance Tanki Timbun Proses Distribusi**

Pada kegiatan ini tidak dilakukan pengolahan, sehingga jumlah material yang masuk sama dengan produk. Namun dalam operasinya terdapat emisi yang dikeluarkan yaitu berupa  $\text{CH}_4$ . Berikut tabel mengenai input data penimbunan di tanki timbun.



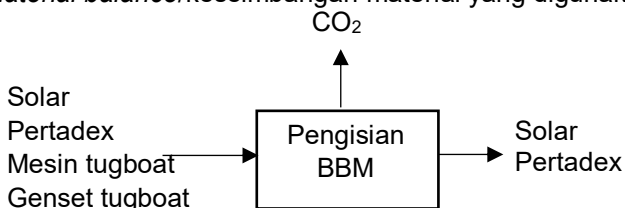
**Tabel 4.41 Input Data Tanki Timbun Proses Distribusi**

Material/Proses	Besaran	Satuan
Solar	17767,55	KL
Pertadex	409,7	KL

Sumber: PT Pertamina S&D Region V TBBM Tanjung Wangi, 2017  
Pada tabel diketahui bahwa kegiatan penimbunan dilakukan untuk BBM jenis solar, Pertadex, dan Bio Solar.

3. Pengisian BBM ke alat Transportasi Distribusi

Kegiatan ini merupakan Pengisian BBM ke dalam mobil tangki dilakukan didalam *filling shed*, yaitu dengan memompa BBM dari tangki timbun melalui sistem perpipaan dalam bangsal pengisian dan selanjutnya dimasukkan kedalam truk tangki Untuk melakukan kegiatan diatas, membutuhkan alat pompa dan genset untuk menunjang kegiatan diatas tersebut. Berikut *material balance*/keseimbangan material yang digunakan.



**Gambar 4.35 Material Balance Pengisian BBM**

Solar, Pertdex, dan Biosolar dibutuhkan alat tugboat. Operasional tugboat menggunakan genset dan mesin, sehingga penggunaan alat tersebut menghasilkan emisi CO<sub>2</sub>. Berikut tabel mengenai input data pengisian BBM ke alat transportasi distribusi.

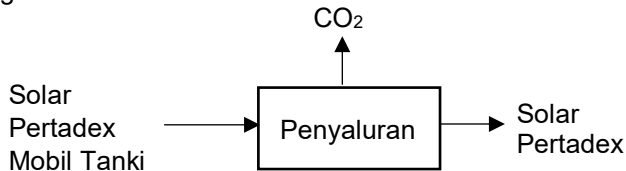
**Tabel 4.42 Input Data Pengisian BBM ke Alat Transportasi Distribusi**

Material/Proses	Besaran	Satuan
Solar	17767,55	KL
Pertadex	409,7	KL
Mesin Tugboat	4,080	ton solar/year
Genset Tugboat	74,6	ton solar/year

Sumber: PT Pertamina S&D Region V TBBM Tanjung Wangi, 2017  
Dari tabel diketahui bahwa dalam operasional kegiatan ini dibutuhkan bahan bakar solar dalam menggerakkan mesin dan genset tugboat.

#### 4. Penyaluran

Penyaluran merupakan kegiatan mengisi tanki mobil dan kemudian dilakukan distribusi seperti yang telah dijelaskan pada proses distribusi diatas. BBM akan didistribusikan ke SPBU dengan menggunakan mobil tanki dan kapal tanker. Berikut *material balance*/keseimbangan material yang digunakan.



**Gambar 4.36 Material Balance Penyaluran**

Dalam melakukan kegiatan penyaluran BBM jenis Solar, dan pertadex. Operasional mobil tanki menggunakan bahan bakar, sehingga penggunaan alat tersebut menghasilkan emisi CO<sub>2</sub>. Berikut tabel mengenai input data penyaluran.

**Tabel 4.43 Input Data Penyaluran**

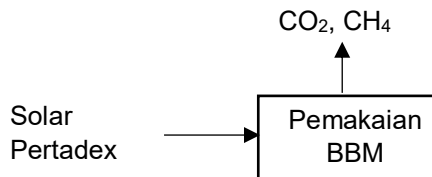
Material/Proses	Besaran	Satuan
Solar	356.291,7	KL
Pertadex	118.790,1	KL
Mobil Tangki	1,632	ton solar/year

Sumber: PT Pertamina S&D Region V TBBM Tanjung Wangi, 2017

Dari tabel diketahui bahwa dalam operasional penyaluran distribusi BBM digunakan mobil tanki dengan bahan bakar solar.

#### 4.3.3.4 Life Cycle Inventory Pemakaian BBM jenis Solar

Pada *life cycle inventory* kegiatan ini hanya melakukan *material balance* dengan memasukkan *input* pemakaian BBM jenis bensin yang digunakan serta emisi yang ditimbulkan sebagai output. Berikut adalah gambar *material balance* pada kegiatan tersebut.



**Gambar 4.37 Material Balance Pemakaian BBM**

Pada kegiatan ini terjadi pembakaran dalam penggunaan BBM jenis Solar, Pertadex, dan Biosolar. Produk yang dihasilkan dari kegiatan ini tidak ada, namun menghasilkan *waste* berupa emisi. Emisi yang dihasilkan dari kegiatan pemakaian BBM yaitu CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>. Berikut tabel mengenai input data pemakaian BBM.

**Tabel 4.44 Input Data Pemakaian BBM**

Jenis Produk	Jumlah Produksi (KL/thn)
Solar	356.291,7
Pertadex	118.790,1

Sumber: PT Pertamina S&D Region V TBBM Tanjung Wangi, 2017  
 Dari tabel diketahui bahwa jumlah BBM yang keluar dari TBBM Tanjung Wangi dan dipakai oleh konsumen.

### 4.3.3 Life Cycle Impact Assessment

Prakiraan dampak dilakukan berdasarkan *input* dan *output* pada setiap kegiatan. Pada penentuan prakiraan dampak dipilih metode yang digunakan *Environmental Design of Industrial Products* (EDIP) 2003. Metode ini sangat berkaitan dengan kegiatan yang diteliti yaitu sektor industri. Dampak yang diteliti adalah *Global Warming 100a*, *Ozone Depletion*, *Human Toxicity Air*, dan *Ozone Formation (human)*. Berikut penjelasan mengenai masing-masing dampak.

a. *Global Warming 100a*

*Impact* ini membahas mengenai dampak yang dihasilkan dari peningkatan suhu permukaan bumi seperti adanya perubahan iklim. Dimana penyebab dari dampak ini akibat meningkatnya gas rumah kaca di atmosfer. Satuan dari *impact* ini adalah kg CO<sub>2</sub>eq.

b. *Ozone Depletion*

*Impact* ini membahas mengenai potensi menipisnya lapisan ozon di stratosfir, sehingga sebagian besar radiasi UV-B mencapai permukaan bumi. Dimana dampaknya dapat mempengaruhi kesehatan makhluk hidup dan kerusakan ekosistem. Satuan dari *impact* ini adalah kg CFC-11

c. *Ozone Formation (human)*

*Impact* ini membahas tentang terbentuk ozon akibat adanya radikal peroksi hasil produk dari reaksi antara VOC dan nitrogen

oksida. Pembentukan ozon ini dalam konsentrasi tinggi dapat membahayakan bagi kesehatan manusia. Satuan dari *impact* ini adalah kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>

d. *Human Toxicity Air*

*Impact* ini membahas mengenai zat beracun yang mempengaruhi di lingkungan manusia. Dimana adanya risiko kesehatan paparan di lokasi kerja. Emisi ini dapat melalui beberapa elemen, salah satunya adalah udara. Satuan dari *impact* ini adalah m<sup>3</sup>.

Penilaian dampak keseluruhan ini nantinya akan dihitung sebanyak 4 kali, yakni sebagai berikut:

a. *Characterization*

*Characterization* merupakan tahapan dimana akan menampilkan kontribusi relatif terhadap dampak lingkungan. tahap ini akan mengukur kontribusi dampak produk atau kegiatan pada setiap indikator dampak. Dalam perhitungannya digunakan *characterization factor* untuk mengkonversi hasil LCI kedalam bentuk satuan yang sama dengan masing-masing dampak. Berikut nilai *Characterization factor*

**Tabel 4.45 Characterization Factor**

<i>Impact Assessment</i>	Unit	<i>Characterization Factor</i>
<i>Global Warming</i>	kg CO <sub>2</sub> eq	GWP 100
<i>Ozone Depletion</i>	kg CFC-11 eq	-
<i>Ozone Formation via Human</i>	Person.ppm.h	POCP
<i>Human Toxicity via Air</i>	m <sup>3</sup>	-

Sumber: simaPro 8.3

b. *Normalization*

*Normalization* merupakan perbandingan terhadap indikator dampak yang dipilih. Tahap ini menormalkan hasil indikator dengan membagi dengan nilai referensi yang dipilih. Berikut nilai *Normalization factor* :

**Tabel 4.46 Normalization Factor**

<i>Impact Assessment</i>	<i>Unit</i>	<i>Normalization Factor</i>
<i>Global Warming</i>	ton CO <sub>2</sub> eq	8,7
<i>Ozone Depletion</i>	kg CFC-11 eq	0,2
<i>Ozone Formation via Human</i>	Person.ppm.h	20
<i>Human Toxicity via Air</i>	m <sup>3</sup>	9,18E+09

Sumber: simaPro 8.3

c. *Weighting dan Single Score*

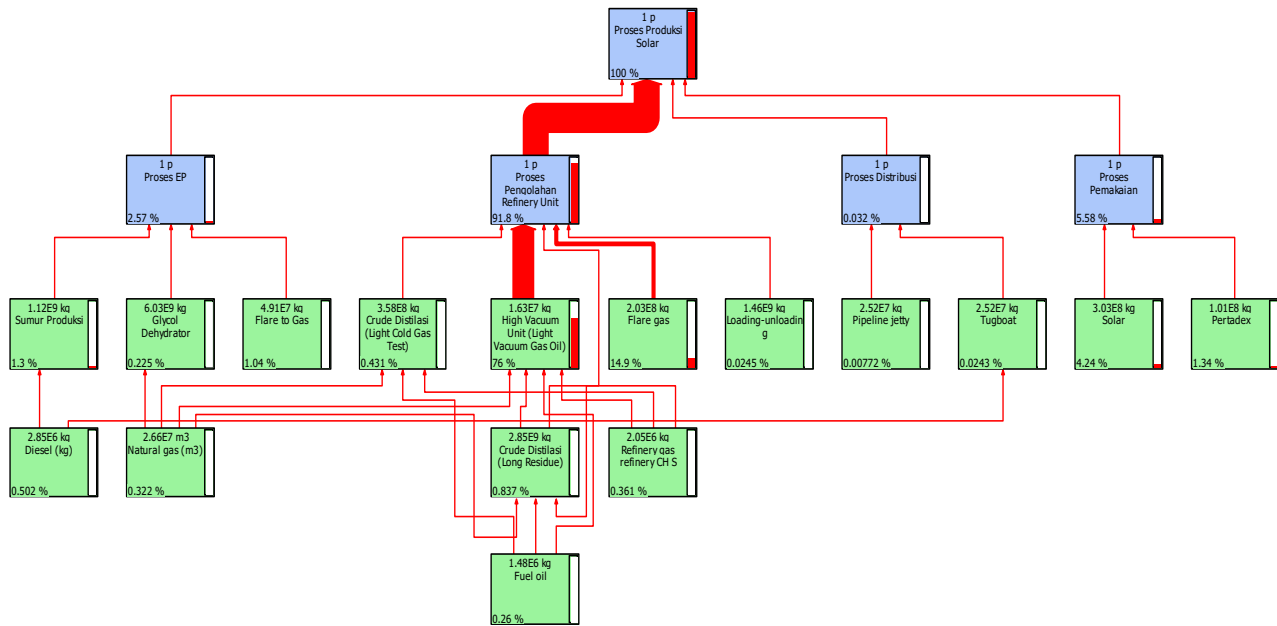
*Weighting* dan *single score* merupakan pemberian bobot pada masing-masing terhadap kategori dampak. Pembobotan ini penting karena kategori dampak juga harus mencerminkan tujuan studi dan nilai-nilai *stakeholder*. *Single score* merupakan hasil dari *weighting score* yang berdasarkan proses kegiatan. Berikut nilai *Weighting factor* :

**Tabel 4.47 Weighting Factor**

<i>Impact Assessment</i>	<i>Unit</i>	<i>Weighting Factor</i>
<i>Global Warming</i>	ton CO <sub>2</sub> eq	1,3
<i>Ozone Depletion</i>	kg CFC-11 eq	23
<i>Ozone Formation via Human</i>	Person.ppm.h	1,2
<i>Human Toxicity via Air</i>	m <sup>3</sup>	1,1

Sumber: simaPro 8.3

Berdasarkan indikator dan tahapan *impact assessment* diatas dapat ditentukan menggunakan aplikasi SimaPro 8.3 dalam menganalisa dampak dari kegiatan proses produksi solar. berikut Gambar 4.23 menampilkan network dari kegiatan proses produksi solar. Network kegiatan proses produksi solar menampilkan bahwa dalam kegiatannya dipengaruhi oleh 4 sektor kegiatan proses. Keempat kegiatan proses tersebut adalah eksplorasi dan produksi, pengolahan, distribusi, dan pemakaian.

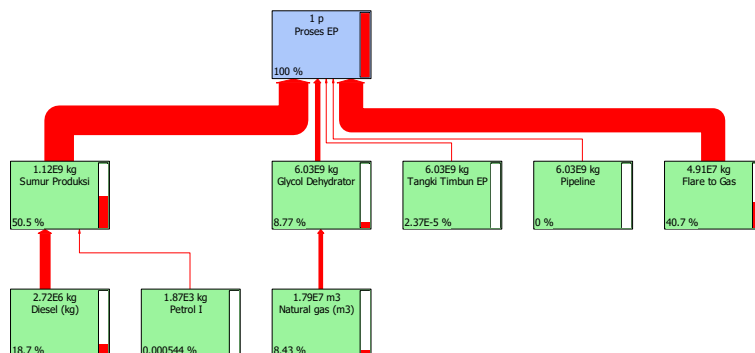


**Gambar 4.38 Network Proses Produksi Solar**

Garis merah berpanah menunjukkan hubungan antar kegiatan. Dimana garis merah tebal menandakan besarnya kontribusi kegiatan tersebut terhadap dampak. Berdasarkan hasil perhitungan dinyatakan bahwa kegiatan yang paling besar berkontribusi terhadap dampak adalah kegiatan sektor pengolahan. Sektor pengolahan berkontribusi besar dikarenakan terdapat proses *High Vacuum Unit* yang terjadi pembakaran bahan bakar dalam operasionalnya. Pada penelitian ini, akan dilakukan *network* pada masing masing – masing proses. Kemudian akan dianalisa kegiatan mana yang memiliki beban lingkungan terbesar pada masing-masing sektor kegiatan dalam proses produksi BBM jenis solar.

#### 4.3.3.1 *Impact Assessment* pada Eksplorasi dan Produksi

Pada tahap ini akan menampilkan *network* dan *characterization impact assessment*. *Network* akan mengidentifikasi proses mana saja yang berkontribusi paling besar terhadap dampak lingkungan. *Network* menampilkan kontribusinya dalam bentuk diagram alir proses. *Characterization impact assessment* akan mengidentifikasi dampak dari proses tersebut. Pada *characterization* ini akan menampilkan pula kuantitas setiap kegiatan terhadap dampak. Berikut gambar mengenai *network* dari proses eksplorasi dan produksi.



Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

**Gambar 4.39 *Network* Proses Eksplorasi dan Produksi**

Berdasarkan gambar diatas, diketahui unit proses sumur produksi berkontribusi paling besar terhadap dampak yaitu sebesar 50,5%. Besarnya kontribusi dikarenakan penggunaan bahan bakar pada operasionalnya. Bahan bakar yang digunakan adalah diesel dan petrol, namun yang sangat berpengaruh pada dampak yaitu diesel. Bahan bakar diesel berkontribusi 18,7% terhadap dampak. Selain itu, kegiatan flare gas berkontribusi terbesar kedua setelah kegiatan produksi. Kegiatan flare gas berkontribusi sebesar 40,7% terhadap dampak.

Dari keseluruhan kegiatan sektor eksplorasi dan produksi memberikan dampak pada lingkungan terutama udara. Berikut analisa kontribusi dampak pada proses eksplorasi dan produksi:

**Tabel 4.48 Kontribusi Dampak Proses Eksplorasi dan Produksi**

Impact category	Unit	Sumur Produksi	Glycol Dehydrator	Tangki Timbun EP	Pipeline	Flare to Gas
Global warming 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	63051357	6400078	4,60E+01	0	1,68E+08
Ozone depletion	kg CFC <sub>11</sub> eq	13,886866	0,30691266	0	0	0
Ozone formation (Human)	person.ppm.h	17293,474	5649,1115	0,058	0	49822
Human toxicity air	m <sup>3</sup>	2,24E+11	3,86E+10	0	0	4,91E+06

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

Dari Tabel 4.48 diketahui bahwa kegiatan sumur produksi memberikan dampak pada *global warming 100a* sebesar 63051357 kg CO<sub>2</sub>eq, *ozone depletion* 13,886866 kg CFC<sub>11</sub>eq, *ozone formation* 17293.47 person.ppm.h, dan *human toxicity air*  $2,24 \times 10^{11} \text{ m}^3$ .

Masing-masing kegiatan tersebut memberikan dampak terhadap gas rumah kaca, pencemaran udara, dan kesehatan manusia. Berikut kuantitas dampak dari masing-masing kegiatan yang terjadi pada sektor eksplorasi dan produksi.



## 1. Sumur Produksi

**Tabel 4.49 Kontribusi Dampak Kegiatan Sumur Produksi**

Impact category	Unit	Sumur Produksi	Diesel (kg)	Petrol I
Global warming 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	61303070	174776 5,9	521,594 21
Ozone depletion	kg CFC <sub>11</sub> eq	0	13,8868 66	0
Ozone formation (Human)	person.pp m.h	14650,51	2642,27 48	0,68886 732
Human toxicity air	m <sup>3</sup>	1,07E+10	2,13E+ 11	23644,2 27

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

Dari tabel didapatkan hasil kuantitas dampak dari kegiatan sumur produksi dikarenakan penggunaan bahan bakar diesel. Dalam penggunaan diesel sebesar 2717,0573 ton/thn setara dengan menghasilkan emisi 13,886866 kg CFC<sub>11</sub> eq. Sehingga dampak paling besar yang ditimbulkan dari kegiatan sumur produksi adalah *Ozone Depletion*.

## 2. Glycol Dehydrator

**Tabel 50 Kontribusi Dampak Kegiatan Glycol Dehydrator**

Impact category	Unit	Glycol Dehydrator	Natural gas (m3)
Global warming 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	663920	5736158
Ozone depletion	kg CFC <sub>11</sub> eq	0	0,30691266
Ozone formation (Human)	person.pp m.h	832,3	4816,8115
Human toxicity air	m <sup>3</sup>	0	3,86E+10

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

Dari tabel didapatkan hasil kuantitas dampak dari kegiatan sumur produksi dikarenakan penggunaan natural gas. natural gas digunakan sebagai operasional dari unit operasi *Glycol Dehydrator*. Dalam penggunaan gas sebesar 12030400 ton/thn setara dengan menghasilkan emisi 3859287,1 kg CO<sub>2</sub> eq. Sehingga dampak paling besar yang ditimbulkan dari unit operasi *Glycol Dehydrator* adalah *Global Warming 100a*. Selain itu berdampak besar pula pada indikator *Human Toxicity air* sebesar  $2,6 \times 10^{10}$ .

## 3. Tangki Timbun

**Tabel 4.51 Kontribusi Dampak Kegiatan Tanki Timbun**

Impact category	Unit	Tangki Timbun EP
Global warming 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	46
Ozone depletion	kg CFC <sub>11</sub> eq	0
Ozone formation (Human)	person.ppm.h	0.058
Human toxicity air	m <sup>3</sup>	0

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

Dari tabel didapatkan hasil kuantitas dampak dari kegiatan tangki timbun tidak memberikan dampak yang begitu besar. Namun, unit ini berkontribusi dalam dampak *Global Warming 100a* sebesar 46 kg CO<sub>2</sub> eq dan *Ozone Formation (Human)* sebesar 0,058 person.ppm.h.

#### 4. Flare Gas

**Tabel 4.52 Kontribusi Dampak Kegiatan Flare Gas**

Impact category	Unit	Flare to Gas
Global warming 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	1,68E+08
Ozone depletion	kg CFC <sub>11</sub> eq	0
Ozone formation (Human)	person.ppm.h	49822
Human toxicity air	m <sup>3</sup>	4910850

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

Dari tabel didapatkan hasil kuantitas dampak dari kegiatan flare gas berdampak sangat besar terhadap *Global Warming 100a*. Akibat pembakaran gas oleh unit flare menghasilkan emisi sebesar  $1,68 \times 10^8$  kg CO<sub>2</sub> eq.

#### 5. Pipeline

**Tabel 4.53 Kontribusi Dampak Kegiatan Pipeline**

Impact category	Unit	Pipeline
Global warming 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	0
Ozone depletion	kg CFC <sub>11</sub> eq	0
Ozone formation (Human)	person.ppm.h	0
Human toxicity air	m <sup>3</sup>	0

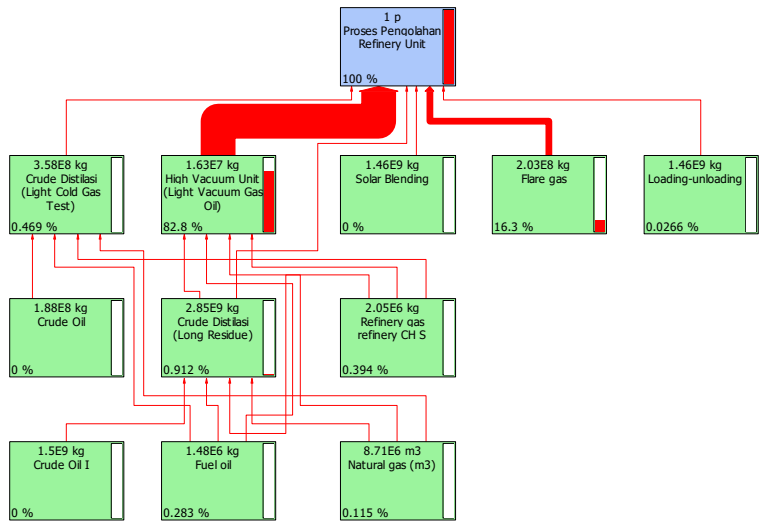
Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

Dari tabel didapatkan hasil kuantitas dampak dari kegiatan *pipeline* tidak memberikan dampak yang begitu besar. Kegiatan ini hanya melakukan transfer *Crude Oil* dengan menggunakan pipa. Unit operasi ini berdampak pada *Global Warming 100a* sebesar

26483900 kg CO<sub>2</sub> eq dan *Ozone Formation (Human)* 33292 person.ppm.h.

**4.3.3.2 Impact Assessment pada Proses Pengolahan BBM Solar**

Berdasarkan network proses distribusi pada Gambar 4.46 dampak paling besar dalam memproduksi BBM jenis solar sebanyak 1458465,853 ton/thn berasal dari kegiatan High Vacuum Unit (HVV). Dimana kuantitas nilai kegiatan HVU sebesar 82,8%



Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

**Gambar 4.40 Network Proses Pengolahan**

Dari keseluruhan kegiatan sektor pengolahan di *Refinery Unit* memberikan dampak pada lingkungan terutama udara. Berikut analisa kontribusi dampak pada proses pengolahan:

**Tabel 4.54 Kontribusi Dampak Proses Pengolahan**

Impact category	Unit	Crude Distilasi (Light Cold Gas Test)	Crude Distilasi (Long Residue)	High Vacuum Unit (Light Vacuum Gas Oil)	Solar Blending	Flare gas	Loading-unloading
Global warming 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	6.,35E+07	6,39E+07	1,13E+08	0,00E+00	2,27E+09	1,85E+06
Ozone depletion	kg CFC <sub>11</sub> eq	3,3367583	2,4192594	12,483038	0	0	0
Ozone formation (Human)	person.ppm.h	889,23441	1184,9848	3710,8854	0	673349,59	2336,1588
Human toxicity air	m <sup>3</sup>	4,96E+10	4,20E+10	1,92E+11	0	67621937	0,00E+00

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

Dari Tabel 4.48 diketahui bahwa kegiatan sumur produksi memberikan dampak pada *global warming 100a* sebesar  $1,13 \times 10^8$  kg CO<sub>2</sub>eq, *ozone depletion* 12,483038 kg CFC<sub>11</sub>eq, *ozone formation* 3710,8854 person.ppm.h, dan *human toxicity air*  $1,92 \times 10^{11}$  m<sup>3</sup>.

Masing-masing kegiatan tersebut memberikan dampak terhadap gas rumah kaca, pencemaran udara, dan kesehatan manusia. Berikut kontribusi dampak dari masing-masing kegiatan yang terjadi pada sektor pengolahan *Refinery Unit*.

1. *Crude Distilasi (Light Cold Gas Test)*

**Tabel 4.55 Kontribusi Dampak *Crude Distilasi* (LCT)**

Impact category	Unit	Crude Distilasi (Light Cold Gas Test)	Crude Oil	Fuel oil	Refinery gas refinery CH S	Natural gas (m <sup>3</sup> )
Global warming 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	62750874	0	555 52, 73	357511,4	30950 9,1
Ozone depletion	kg CFC <sub>11</sub> eq	0	0	0,4 430 07	2,877191	0,016 56
Ozone formation (Human)	pers on.p pm.h	38,15247	0	84, 144 89	507,0337	259,9 034
Human toxicity air	m <sup>3</sup>	65672875	0	6,7 8E +0 9	4,07E+10	2,08E +09

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

Dari tabel didapatkan hasil kuantitas dampak dari kegiatan *Crude Distilasi (Light Cold Gas Test)* dikarenakan penggunaan bahan bakar *Refinery Gas*. Dalam penggunaan *Refinery Gas* sebesar 559,19764 ton/thn setara dengan menghasilkan emisi 357511,4 kg CO<sub>2</sub> eq dan berdampak pada *Global Warming 100a*. Dampak paling besar yang ditimbulkan dari kegiatan ini adalah *Human Toxicity air* sebesar  $4,07 \times 10^{10} \text{ m}^3$ .

2. *Crude Distilasi (Long Residue)*

Dari tabel 4.51 didapatkan hasil kuantitas dampak dari kegiatan *Crude Distilasi (Light Cold Gas Test)* dikarenakan penggunaan bahan bakar *Natural Gas*.

**Tabel 4.56 Kontribusi Dampak *Crude Distilasi (Long Residue)***

Impact category	Unit	Crude Distilasi (Long Residue)	Crude Oil	Fuel oil	Refinery gas refinery CH S	Natural gas (m3)
Global warming 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	62750874	0	296 854 ,1	950,8366	82865 3,5
Ozone depletion	kg CFC <sub>11</sub> eq	0	0	2,3 672 7	0,007652	0,044 337
Ozone formation (Human)	pers on.p pm.h	38,15247	0	449 ,64 04	1,348506	695,8 434
Human toxicity air	m <sup>3</sup>	65672875	0	3,6 2E +10	1,08E+08	5,58E +09

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

Dalam penggunaan *Natural Gas* sebesar 2079,1 ton/thn setara dengan menghasilkan emisi 828653 kg CO<sub>2</sub> eq. Akibat penggunaan *Natural Gas* memberikan dampak yang besar terhadap *Global Warming 100a*. Dampak paling besar yang ditimbulkan dari kegiatan ini adalah *Human Toxicity air* sebesar  $5,58 \times 10^9 \text{ m}^3$ .

### 3. *High Vacuum Unit*

Dari tabel 4.52 didapatkan hasil kuantitas dampak dari kegiatan *High Vacuum Unit* dikarenakan penggunaan bahan bakar *Refinery Gas*. Dalam penggunaan *Refinery Gas* sebesar 1487,24 ton/thn setara memberikan dampak yang besar terhadap *Human Toxicity air* sebesar  $1,08 \times 10^{11} \text{ m}^3$ .

**Tabel 4.57 Kontribusi Dampak *High Vacuum Unit***

Impact category	Unit	High Vacuum Unit (Light Vacuum Gas Oil)	Crude Distilasi (Long Residue)	Fuel oil	Refinery gas refinery CH S	Natural gas (m3)
Global warming 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	47439449	6387733 2	29 68 54, 1	950836, 6	8286 53,5

Impact category	Unit	High Vacuum Unit (Light Vacuum Gas Oil)	Crude Distilasi (Long Residue)	Fuel oil	Refinery gas refinery CH S	Natural gas (m3)
Ozone depletion	kg CF C <sub>11</sub> eq	0	2,419259	2,36727	7,652172	0,044337
Ozone formation (Human)	pers on.p pm. h	31,91122	1184,985	449,6404	1348,506	695,8434
Human toxicity air	m <sup>3</sup>	80054650	4,20E+10	3,62E+10	1,08E+11	5,58E+09

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

#### 4. Solar *Blending*

**Tabel 4.58 Kontribusi Dampak Solar *Blending***

Impact category	Unit	Solar Blending
Global warming 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	0
Ozone depletion	kg CFC <sub>11</sub> eq	0
Ozone formation (Human)	person.ppm.h	0
Human toxicity air	m <sup>3</sup>	0

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

Dari tabel didapatkan hasil kuantitas dampak dari kegiatan solar *Blending* bahwa tidak berdampak pada keempat indikator yang diteliti. Kegiatan ini tidak memberikan dampak karena hanya dilakukan pencampuran antara LCT dan LVGO dalam tangki *Blending*.

#### 5. Flare Gas

**Tabel 4.59 Kontribusi Dampak Flare Gas**

Impact category	Unit	Flare gas
Global warming 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	54841410
Ozone depletion	kg CFC <sub>11</sub> eq	0
Ozone formation (Human)	person.ppm.h	16300,03

Impact category	Unit	Flare gas
Human toxicity air	m <sup>3</sup>	1636950

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

Dari tabel didapatkan hasil kuantitas dampak dari kegiatan *Flare Gas* dikarenakan terjadinya pembakaran gas yang menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>. Emisi yang dihasilkan berdampak paling besar terhadap *Global Warming 100a* sebesar 54841410 kg CO<sub>2</sub> eq. Selain itu juga berdampak pada *Ozone Formation (Human)* dan *Human Toxicity Air*.

#### 6. Loading Unloading

**Tabel 4.60 Kontribusi Dampak Loading-Unloading**

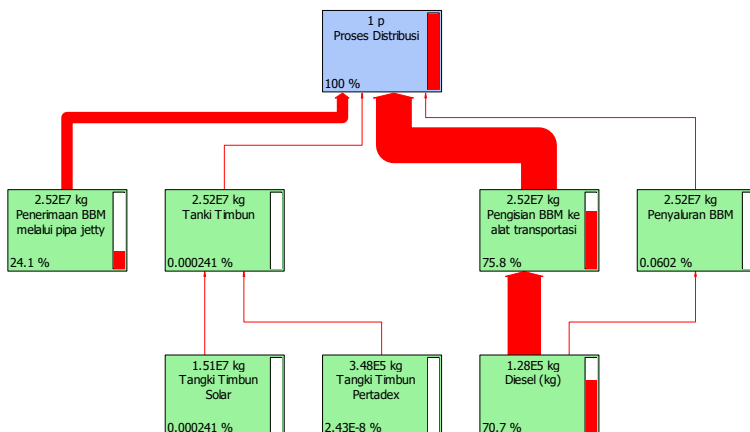
Impact category	Unit	Loading-unloading
Global warming 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	1852815,6
Ozone depletion	kg CFC <sub>11</sub> eq	0
Ozone formation (Human)	person.ppm.h	2336,1588
Human toxicity air	m <sup>3</sup>	0

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

Dari tabel didapatkan hasil kuantitas dampak dari kegiatan *loading-unloading* berdampak pada *global warming 100a* sebesar 1852815,6 kg CO<sub>2</sub>eq dan *ozone formation (human)* sebesar 2336,1588 person.ppm.h



#### 4.3.3.3 Impact Assessment pada Distribusi BBM Solar



Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

**Gambar 4.41 Network Proses Distribusi**

Berdasarkan network proses distribusi diketahui bahwa kegiatan yang berkontribusi paling besar terhadap dampak adalah tugboat. Dimana tugboat berkontribusi sebesar 75,8%. Dari keseluruhan kegiatan sektor distribusi memberikan dampak pada lingkungan terutama udara. Berikut analisa kontribusi dampak pada proses distribusi :

**Tabel 4.61 Kontribusi Dampak Proses Distribusi**

Impact category	Unit	Penerimaan BBM melalui pipa jetty	Tan ki Tim bun	Pengisian BBM ke alat transportasi	Penyal uran BBM
Global warming 100a	kg CO2 eq	585094,5	5,850194	491125	389,50312
Ozone depletion	kg CFC 11 eq	0	0	0,655021	0,000519841
Ozone formation (Human)	perso n.pp m.h	737,7279	0,007374	124,6318	0,098910976
Human toxicity air	m3	0	0	1,00E+10	7971072,4

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

Dari Tabel 4.58 diketahui bahwa kegiatan tugboat memberikan dampak pada *global warming 100a* sebesar 491125 kg CO<sub>2</sub>eq, *ozone depletion* 0,655021 kg CFC<sub>11</sub>eq, *ozone formation* 124,6318 person.ppm.h, dan *human toxicity air*  $1 \times 10^{10} \text{ m}^3$ .

Masing-masing kegiatan tersebut memberikan dampak terhadap gas rumah kaca, pencemaran udara, dan kesehatan manusia. Berikut kontribusi dampak dari masing-masing kegiatan yang terjadi pada sektor distribusi.

1. Penerimaan melalui Sistem Perpipaan di *Jetty*

**Tabel 4.62 Kontribusi Dampak Penerimaan Melalui Sistem Perpipaan di *Jetty***

Impact category	Unit	Penerimaan BBM melalui pipa jetty
Global warming 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	9303,5
Ozone depletion	kg CFC <sub>11</sub> eq	0
Ozone formation (Human)	person.ppm.h	11,7305
Human toxicity air	m <sup>3</sup>	0

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

Dari tabel diketahui bahwa pada kegiatan sistem perpipaan di *jetty* memberikan dampak pada *global warming 100a* sebesar 9303,5 kg CO<sub>2</sub>eq.

2. Penimbunan di Tanki Timbun

**Tabel 4.63 Kontribusi Dampak Penimbunan di Tanki Timbun**

Impact category	Unit	Tanki Timbun	Tangki Timbun Solar	Tangki Timbun Pertadex
Global warming 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	0	5,848279	0,00191522
Ozone depletion	kg CFC <sub>11</sub> eq	0	0	0
Ozone formation (Human)	person.ppm.h	0	0,007374	0
Human toxicity air	m <sup>3</sup>	0	0	0

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

Dari tabel diketahui bahwa dari kegiatan penimbunan BBM pada tanki timbun berdampak pada *Global warming 100a*. Dimana

kegiatan penimbunan BBM jenis solar paling berdampak besar dengan nilai kuantitas 5,848279 kg CO<sub>2</sub> eq.

### 3. Pengisian BBM ke alat Transportasi Distribusi

**Tabel 4.64 Kontribusi Dampak Pengisian BBM ke Alat Transportasi Distribusi**

Impact category	Unit	Pengisian BBM ke alat transportasi	Diesel (kg)
Global warming 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	250902	50611,45
Ozone depletion	kg CFC11 eq	0	0,402133
Ozone formation (Human)	person.ppm.h	0	76,51446
Human toxicity air	m <sup>3</sup>	0	6,17E+09

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

Dari tabel diketahui bahwa akibat penggunaan bahan bakar solar memberikan dampak yang besar terhadap *Global warming 100a* dan *Human Toxicity Air*. Dimana nilai masing-masing dampak adalah 50611,45 kg CO<sub>2</sub>eq dan 6,17 x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>.

### 4. Penyaluran

**Tabel 4.65 Kontribusi Dampak Penyaluran**

Impact category	Unit	Penyaluran BBM	Diesel (kg)
Global warming 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	5200	1049,795
Ozone depletion	kg CFC11 eq	0	0,008341
Ozone formation (Human)	person.ppm. h	0	1,587082
Human toxicity air	m <sup>3</sup>	0	1,28E+08

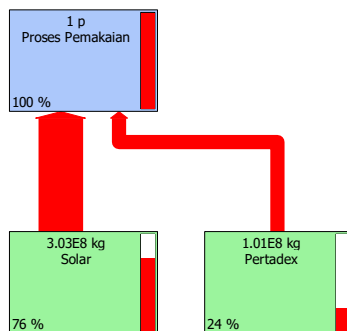
Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

Dari tabel diketahui bahwa akibat penggunaan bahan bakar solar memberikan dampak yang besar terhadap *Global warming 100a* dan *Human Toxicity Air*. Dimana nilai masing-masing dampak adalah 1049,795 kg CO<sub>2</sub>eq dan 1,28 x 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>.

#### 4.3.3.4 Impact Assessment pada Pemakaian

Berdasarkan network proses pemakaian diketahui bahwa kegiatan yang berkontribusi paling besar terhadap dampak adalah pemakaian BBM jenis solar. Dimana pemakaian BBM jenis solar berkontribusi sebesar 82,4%.

Dari keseluruhan kegiatan sektor pemakaian memberikan dampak pada lingkungan terutama udara. Berikut analisa *impact assessment* :



Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

**Gambar 4.42 Network Proses Pemakaian**

Berdasarkan gambar diatas, diketahui pemakaian bahan bakar solar berkontribusi paling besar terhadap dampak yaitu sebesar 82,4%. Pemakaian bahan bakar bio solar memberikan dampak sebesar 16%. Sedangkan pemakaian bahan bakar pertadex memberikan kontribusi dampak paling kecil sebesar 1,63%.

Dari keseluruhan pemakaian bahan bakar jenis solar memberikan dampak pada lingkungan terutama udara. Berikut analisa kontribusi dampak pada proses pemakaian:

**Tabel 4.66 Kontribusi Dampak Proses Pemakaian**

Impact category	Unit	Solar	Pertade x	Bio Solar
Global warming 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	5,07E+08	10440253	1,02E+08
Ozone depletion	kg CFC <sub>11</sub> eq	0	0	0
Ozone formation (Human)	person.pp m.h	18249,12	142,7235	1396,176
Human toxicity air	m <sup>3</sup>	0	0	0

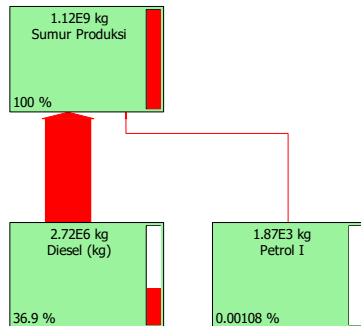
Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

Dari Tabel 4.6 diketahui bahwa kegiatan sumur produksi memberikan dampak pada *global warming 100a* sebesar  $5,07 \times 10^8$  kg CO<sub>2</sub>eq dan *ozone formation* 18249,12 person.ppm.h.

#### 4.4 Analisa Dampak pada Masing-masing Proses

##### 4.4.1 Analisa Dampak Proses Eksplorasi dan Produksi

Pada pembahasan sebelumnya diketahui bahwa pada *network* proses eksplorasi dan produksi kontribusi dampak terbesar dari kegiatan sumur produksi. Berikut Gambar 4.44 menampilkan *network* sumur produksi.



Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

**Gambar 4.43 Network Sumur Produksi**

Pada *network* tersebut diketahui bahwa penyebab besarnya dampak akibat pemakaian bahan bakar solar dalam operasionalnya. Penggunaan solar sebesar 2717.0573 ton/thn dan petrol sebesar 1,86796 ton/thn. Pada Tabel 4.42 telah dijelaskan bahwa pemakaian bahan bakar solar memberikan dampak pada lingkungan. Kegiatan sumur produksi memberikan dampak pada lingkungan terutama udara. Berikut analisa impact assessment :

- Analisa *characterization*

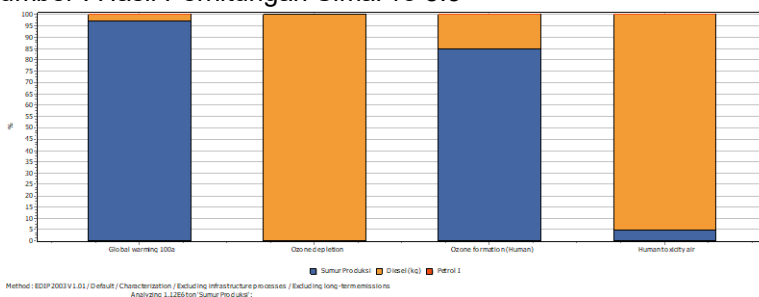
Berikut analisa *characterization* kegiatan sumur produksi.

**Tabel 4.67 Characterization Kegiatan Sumur Produksi**

Impact category	Unit	Sumur Produksi	Diesel (kg)	Petrol I
Global warming 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	61303070	174776 5.9	521.594 21

Impact category	Unit	Sumur Produksi	Diesel (kg)	Petrol I
Ozone depletion	kg CFC11 eq	0	13.886866	0
Ozone formation (Human)	person.pp m.h	14650.51	2642.2748	0.6888673
Human toxicity air	m3	1.07E+10	2.13E+11	23644.227

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3



Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

**Gambar 4.44 Grafik Characterization Kegiatan Sumur Produksi**

Pada Tabel 4.64 diketahui besarnya dampak yang dihasilkan akibat penggunaan bahan bakar diesel. Dampak *global warming 100a* sebesar 1747765,9 kg CO<sub>2</sub>eq, *ozone depletion* 13,886866 kg CFC<sub>11</sub>eq, *ozone formation (human)* 2642,2748 person.ppm.h, dan  $1,07 \times 10^{10}$  m<sup>3</sup>. Kemudian pada gambar 4.43 menampilkan grafik mengenai kontribusi dampak dari kegiatan sumur produksi dalam persen (%).

- Analisa *normalization*

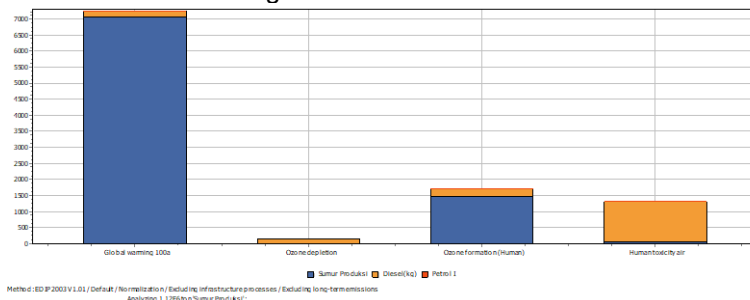
Berikut analisa *normalization* kegiatan sumur produksi.

**Tabel 4.68 Normalization Kegiatan Sumur Produksi**

Impact category	Sumur Produksi	Diesel (kg)	Petrol I
Global warming 100a	7049.8531	200.99308	0.0599833
Ozone depletion	0	134.84146	0
Ozone formation (Human)	1465.051	264.22748	0.0688867

Impact category	Sumur Produksi	Diesel (kg)	Petrol I
Human toxicity air	62.930906	1252.067	0.000139

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3



Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

**Gambar 4.45 Grafik Normalization Kegiatan Sumur Produksi**

Dampak yang dihasilkan kemudian di *convert* menjadi satuan yang sama sehingga dapat dilakukan perbandingan dampak. Dari hasil normalization dapat diketahui bahwa nilai paling besar pada dampak *global warming 100a*.

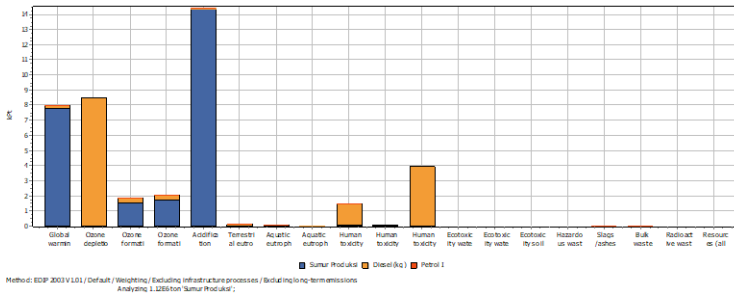
- Analisa *Weighting* dan *Single Score*

Berikut analisa *weighting* dan *single Score* kegiatan sumur produksi. Dengan nilai kPt adalah *thousand of eco-point*.

**Tabel 4.69 Weighting dan Single Score Kegiatan Sumur Produksi**

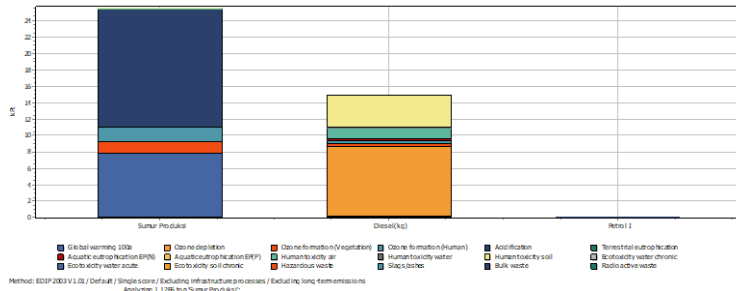
Impact category	Unit	Sumur Produksi	Diesel (kg)	Petrol I
Global warming 100a	kPt	7.7548384	0.22109238	6.60E-05
Ozone depletion	kPt	0	8.4950122	0
Ozone formation (Human)	kPt	1.7580612	0.31707298	8.27E-05
Human toxicity air	kPt	0.069224	1.3772737	1.53E-07

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3



Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

**Gambar 4.46 Grafik Weighting Kegiatan Sumur Produksi**



Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

**Gambar 4.47 Grafik Single Score Kegiatan Sumur Produksi**

*Weighting* dan *single score* dilakukan untuk mendapatkan perbandingan dampak yang setara. Dimana masing-masing dampak dibobotkan dimana setelah dilakukan *normalization* bisa jaid sama sama namun jumlahnya berbeda. Dari Tabel 4.70 diketahui bahwa dampak paling besar kegiatan sumur produksi yaitu *global warming 100a* sebesar 7.7548384 kPt. Dimana pada Gambar 4.46 yang menampilkan grafik perbandingan dampak kegiatan sumur produksi dengan tanda warna biru sebagai dampak *global warming 100a*.

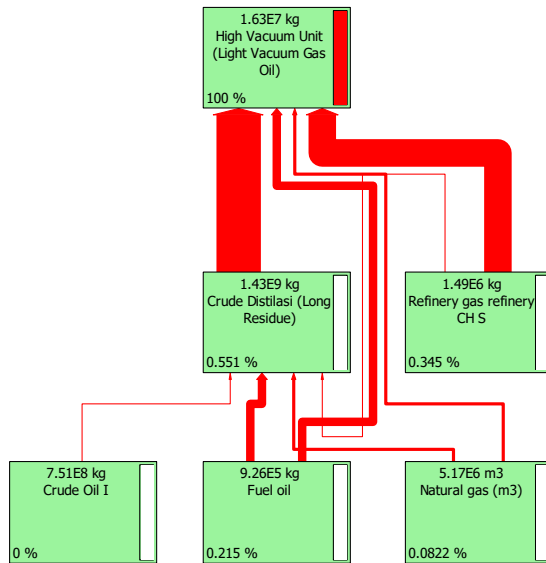
*Global warming 100a* terjadi karena lepasnya CO<sub>2</sub> akibat pembakaran bahan bakar. CO<sub>2</sub> yang lepas akan bereaksi secara radikal di atmosfer dimana CO<sub>2</sub> dapat menyerap sinar uv yang masuk ke bumi. Fenomena inilah yang menyebabkan terjadinya pemanasan yang berlebih di permukaan bumi. Dengan didukungnya penipisan lapisan ozon yang diakibatkan oleh



lepasnya gas klor dan CFC di udara perubahan iklim semakin meningkat. Akibat dari adanya perubahan iklim terjadinya perubahan musim, peningkatan suhu permukaan bumi, kenaikan level permukaan laut, dll.

#### 4.4.2 Analisa Dampak Proses Pengolahan

Pada pembahasan sebelumnya diketahui bahwa pada *network* proses pengolahan kontribusi dampak terbesar dari kegiatan *high vacuum unit*. Berikut Gambar 4.47 menampilkan *network high vacuum unit*.



Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

**Gambar 4.48 Network High Vacuum Unit**

Pada *network* tersebut diketahui bahwa penyebab besarnya dampak akibat akumulasi kegiatan *crude distilasi* untuk menghasilkan *long residue*. Pada kegiatan *crude distilasi* terjadi pembakaran bahan bakar yaitu *fuel oil*, *refinery gas*, dan *natural gas*. Pada Tabel 4.54 telah dijelaskan bahwa dalam menghasilkan *long residue* memberikan dampak paling besar terhadap *global*

warming 100a sebesar  $6,39 \times 10^7$  kg CO<sub>2</sub>eq sehingga dibutuhkan reduksi pada kegiatan *crude distilasi*.

Kegiatan *crude distilasi* memberikan dampak pada lingkungan terutama udara. Berikut analisa impact assessment :

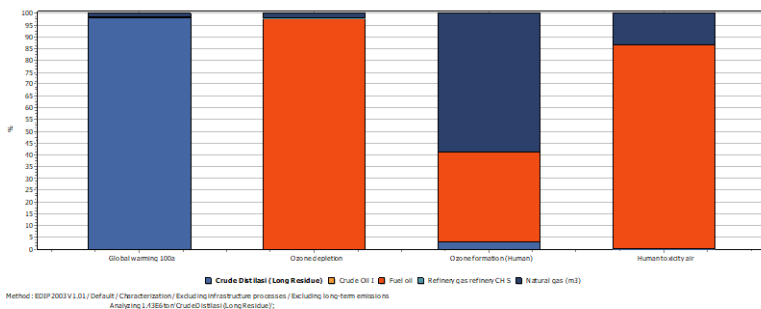
- Analisa *characterization*

Berikut analisa characterization kegiatan *crude distilasi*.

**Tabel 4.70 Characterization Kegiatan Crude Distilasi**

Impact category	Unit	Crude Distilasi (Long Residue)	Crude Oil I	Fuel oil	Refinery gas refinery CH S	Natural gas (m3)
Global warming 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	62750874	0	296854.06	950.83659	828653.47
Ozone depletion	kg CFC 11 eq	0	0	2.3672702	0.00765217	0.044337036
Ozone formation (Human)	pers on.p pm.h	38.152471	0	449.64044	1.3485056	695.84339
Human toxicity air	m3	65672875	0	3.62E+10	1.08E+08	5.58E+09

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3



Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

**Gambar 4.49 Grafik Characterization Kegiatan Crude Distilasi**

Pada Tabel 4.67 diketahui besarnya dampak yang dihasilkan akibat kegiatan pembakaran pada *crude distilasi* untuk menghasilkan *long residue*. Dampak *global warming 100a* sebesar

62750874 kg CO<sub>2</sub>eq, ozone formation (human) 38.152471 person.ppm.h, dan 65672875 m<sup>3</sup>. Dimana penggunaan bahan bakar yang menyebabkan dampak. Kemudian pada gambar 4.48 menampilkan grafik mengenai kontribusi dampak dari kegiatan *crude distilasi* dalam persen (%).

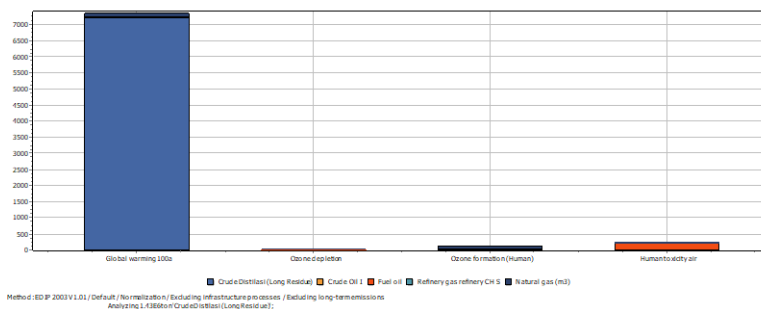
- Analisa *normalization*

Berikut analisa *normalization* kegiatan *crude distilasi*.

**Tabel 4.71 Normalization Kegiatan Crude Distilasi**

Impact category	Crude Distilasi (Long Residue)	Crude Oil I	Fuel oil	Refinery gas refinery CH S	Natural gas (m3)
Global warming 100a	7216.351	0	34.138217	0.10934621	95.295149
Ozone depletion	0	0	22.986194	0.07430259	0.43051262
Ozone formation (Human)	3.815247	0	44.964044	0.13485056	69.584339
Human toxicity air	0.386157	0	213.13117	0.63580786	32.792969

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3



Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

**Gambar 4.50 Grafik Normalization Kegiatan Crude Distilasi**

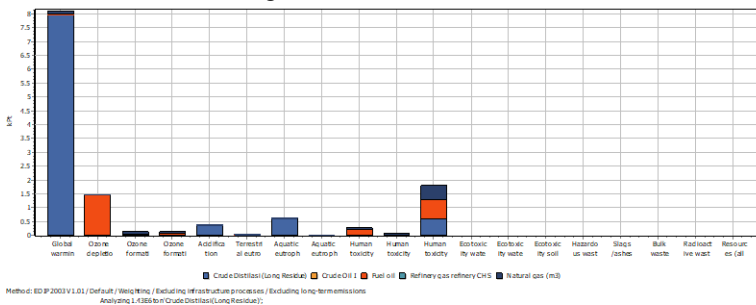
Dampak yang dihasilkan kemudian di *convert* menjadi satuan yang sama sehingga dapat dilakukan perbandingan dampak. Dari hasil *normalization* dapat diketahui bahwa nilai paling besar pada dampak *global warming 100a*.

- Berikut analisa *weighting* dan *single Score* kegiatan *crude distilasi*. Dengan nilai kPt adalah *thousand of eco-point*.

**Tabel 4.72 Weighting dan Single Score Kegiatan Crude Distilasi**

Impact category	Unit	Crude Distilasi (Long Residue)	Crude Oil I	Fuel oil	Refinery gas refinery CHS	Natural gas (m3)
Global warming 100a	kPt	7.9379855	0	0.03755204	0.00012028	0.10482466
Ozone depletion	kPt	0	0	1.4481302	0.00468106	0.027122295
Ozone formation (Human)	kPt	0.0045783	0	0.05395685	0.00016182	0.083501207
Human toxicity air	kPt	0.00042477	0	0.23444429	0.00069939	0.036072266

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

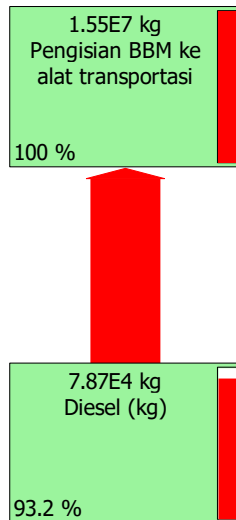


Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

**Gambar 4.51 Grafik Weighting Kegiatan Crude Distilasi**

Pada pembahasan sebelumnya diketahui bahwa pada *network* proses distribusi kontribusi dampak terbesar dari kegiatan

kegiatan penunjang. Berikut Gambar 4.52 menampilkan *network* kegiatan penunjang.



Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

**Gambar 4.53 Network Kegiatan Pengisian BBM ke Alat Transportasi**

Pada *network* tersebut diketahui bahwa penyebab besarnya dampak akibat pemakaian bahan bakar solar dalam operasionalnya. Penggunaan solar sebesar 78,68 ton/thn. Pada Tabel 4.70 telah dijelaskan bahwa pemakaian solar memberikan dampak yang besar terhadap lingkungan. Fenomena ini dikarenakan terjadi pembakaran bahan bakar solar.

Kegiatan pengisian BBM ke alat transportasi memberikan dampak pada lingkungan terutama udara. Berikut analisa impact assessment :

- Analisa *characterization*

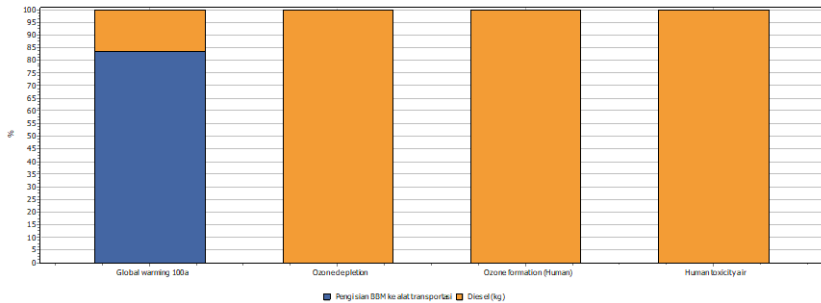
Berikut analisa characterization kegiatan penunjang.

**Tabel 4.73 Characterization Kegiatan Pengisian BBM ke Alat Transportasi**

Impact category	Unit	Pengisian BBM ke alat transportasi	Diesel (kg)
Global warming 100a	kg CO2 eq	250902	50611,45

Impact category	Unit	Pengisian BBM ke alat transportasi	Diesel (kg)
Ozone depletion	kg CFC11 eq	0	0,402133
Ozone formation (Human)	person.ppm.h	0	76,51446
Human toxicity air	m3	0	6,17E+09

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3



Method: EDIP2003 V1.01/Default/Characterisation/Excluding infrastructure processes/Excluding long-term emissions  
Analysing: 1.0264 ton PengisianBBM ke alat transportasi

**Gambar 4.54 Grafik *Characterization* Kegiatan Pengisian BBM ke Alat Transportasi**

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

Pada Tabel 4.70 diketahui besarnya dampak yang dihasilkan akibat kegiatan pembakaran bahan bakar pada penggunaan unit tugboat. Dampak *global warming 100a* sebesar 250902 kg CO<sub>2</sub>eq. Kemudian pada gambar 4.53 menampilkan grafik mengenai kontribusi dampak dari kegiatan penunjang dalam persen (%). Dimana dampak *global warming 100a* dari kegiatan pengisian BBM ke alat transportasi ditunjukkan dengan warna biru.

- **Analisa *normalization***

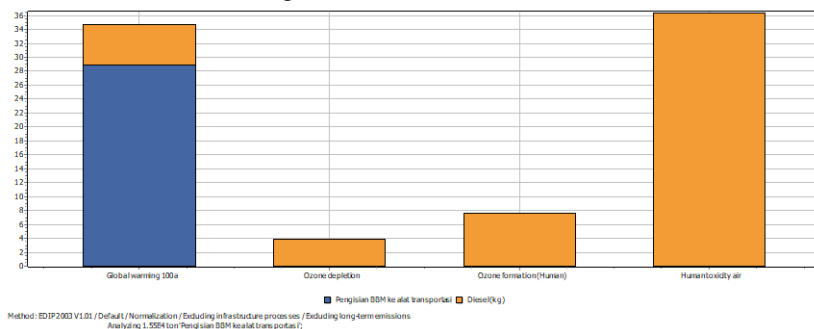
Berikut analisa *normalization* kegiatan penunjang.

**Tabel 4.74 *Normalization* Kegiatan Pengisian BBM ke Alat Transportasi**

Impact category	Pengisian BBM ke alat transportasi	Diesel (kg)
Global warming 100a	28,85373	5820317
Ozone depletion	0	3,904712

Impact category	Pengisian BBM ke alat transportasi	Diesel (kg)
Ozone formation (Human)	0	7,651446
Human toxicity air	0	36,25711

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3



Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

**Gambar 4.55 Grafik *Normalization* Kegiatan Pengisian BBM ke Alat Transportasi**

Dampak yang dihasilkan kemudian di *convert* menjadi satuan yang sama sehingga dapat dilakkan perbandingan dampak. Dari hasil normalization dapat diketahui bahwa nilai paling besar pada dampak *global warming 100a*.

- Analisa *Weighting* dan *Single Score*

Berikut analisa *weighting* dan *single Score* kegiatan penunjang.

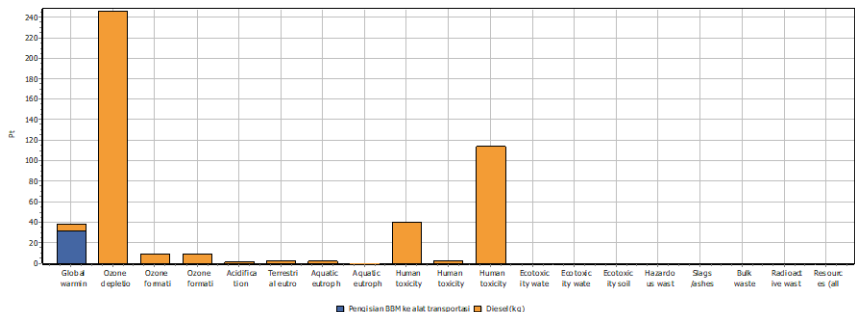
Dengan nilai Pt adalah *of eco-point*.

**Tabel 4.75 *Weighting* dan *Single Score* Kegiatan Pengisian BBM ke Alat Transportasi**

Impact category	Unit	Pengisian BBM ke alat transportasi	Diesel (kg)
Global warming 100a	Pt	31,7391	6,402349
Ozone depletion	Pt	0	245,9969
Ozone formation (Human)	Pt	0	9,181736
Human toxicity air	Pt	0	39,88282

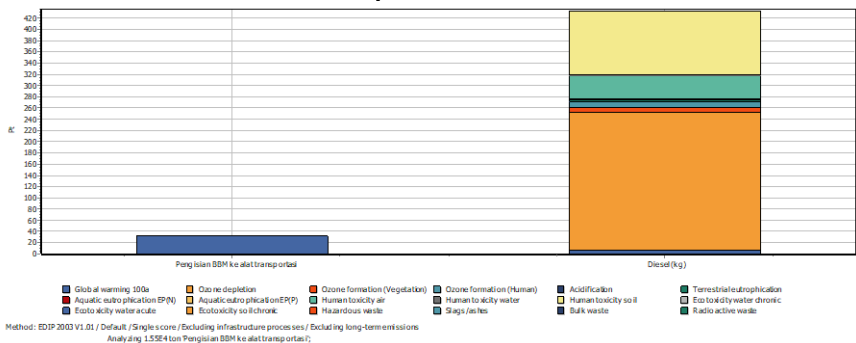
Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3





Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

**Gambar 4.56 Grafik Weighting Kegiatan Pengisian BBM ke Alat Transportasi**



Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

**Gambar 4.57 Grafik Single Score Kegiatan Pengisian BBM ke Alat Transportasi**

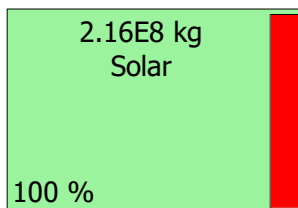
*Weighting* dan *single score* dilakukan untuk mendapatkan perbandingan dampak yang setara. Dimana masing-masing dampak dibobotkan dimana setelah dilakukan *normalization* bisa jadi sama namun jumlahnya berbeda. Dari Tabel 4.72 diketahui bahwa dampak paling besar kegiatan penunjang yaitu *global warming 100a* sebesar 31,7391 Pt. Dimana pada Gambar 4.56 yang menampilkan grafik perbandingan dampak pengisian BBM ke alat transportasi ditandai dengan warna biru sebagai dampak *global warming 100a*.

Kegiatan pengisian BBM ke alat transportasi dalam operasionalnya ada penggunaan *tugboat* yang berkontribusi dalam menghasilkan emisi. Dalam pelaksanaannya terjadi pembakaran terhadap BBM solar dimana memiliki kadar sulfur sekitar 1200 ppm. Pembakaran bahan bakar menyumbang emisi yang cukup besar terutama CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> yang merupakan emisi gas rumah kaca. Akibat terlepasnya gas-gas rumah kaca berdampak pada *global warming 100a*. Dimana gas rumah kaca terakumulasi di udara membentuk lapisan. Lapisan gas rumah kaca akan mengakibatkan terperangkapnya sinar uv sehingga meningkatnya panas dipermukaan bumi. Semakin meningkatnya fenomena ini akan mempengaruhi kehidupan makhluk hidup.

#### 4.4.4 Analisa Dampak Proses Pemakaian

Pada pembahasan sebelumnya diketahui bahwa pada *network* proses pemakaian kontribusi dampak terbesar dari kegiatan kegiatan penunjang. Berikut Gambar 4.57 menampilkan *network* pemakaian BBM solar.

Pada *network* tersebut diketahui bahwa penyebab besarnya dampak akibat pemakaian bahan bakar solar dalam operasionalnya. Penggunaan solar sebesar 183919.1 KL. Pada Tabel 4.64 telah dijelaskan bahwa pemakaian bahan bakar solar memberikan dampak paling besar terhadap *global warming 100a* sebesar  $5.07 \times 10^8$  CO<sub>2</sub>. Dampak ini terjadi karena adanya emisi yang lepas akibat pembakaran solar sehingga mengakibatkan emisi bereaksi secara radikal di atmosfer.



Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

**Gambar 4.58 Network Solar**

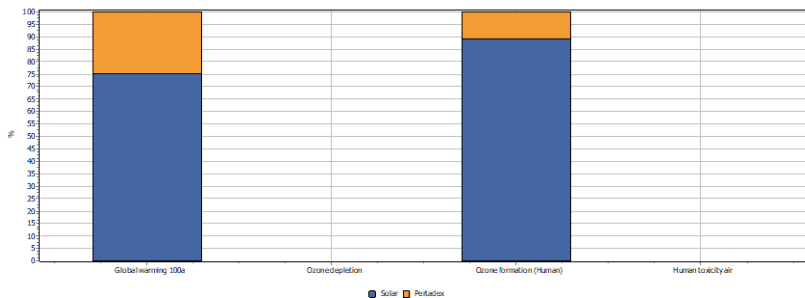
- *Analisa characterization*

Berikut analisa *characterization* kegiatan sektor pemakaian

**Tabel 4.76 Characterization Proses Pemakaian**

Impact category	Unit	Solar	Pertadex
Global warming 100a	kg CO2 eq	9.83E+08	3.22E+08
Ozone depletion	kg CFC11 eq	0	0
Ozone formation (Human)	person.ppm.h	35352.74	4397.27
Human toxicity air	m3	0	0

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3



Method: EDP 2003 V1.01 / Default / Characterization / Excluding infrastructure processes / Excluding long-term emissions  
Analyzing 1 p Process (Pemakaian)

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

**Gambar 4.59 Grafik Characterization Proses Pemakaian**

Pada Tabel 4.73 diketahui besarnya dampak yang dihasilkan akibat pemakaian BBM solar. Dampak *global warming 100a* sebesar  $9,83 \times 10^8$  kg CO<sub>2</sub>eq *ozone formation (human)* 35352,74 person.ppm.h. Kemudian pada gambar 4.58 menampilkan grafik mengenai kontribusi dampak dari kegiatan penunjang dalam persen (%).

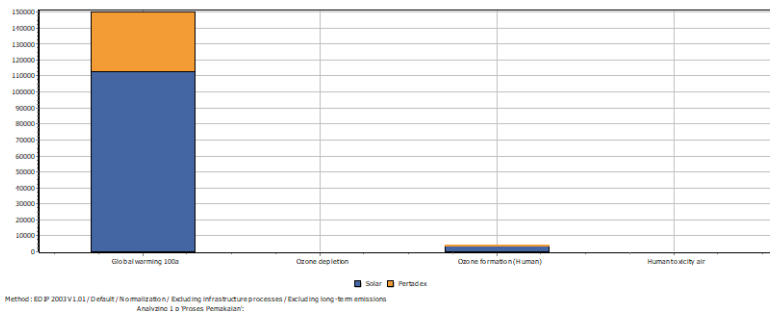
- Analisa *normalization*

Berikut ini adalah analisa *normalization* dari proses pemakaian.

**Tabel 4.77 Normalization Proses Pemakaian**

Impact category	Solar	Pertadex
Global warming 100a	113055	37019.33
Ozone depletion	0	0
Ozone formation (Human)	3535.274	439.727
Human toxicity air	0	0

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3



Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

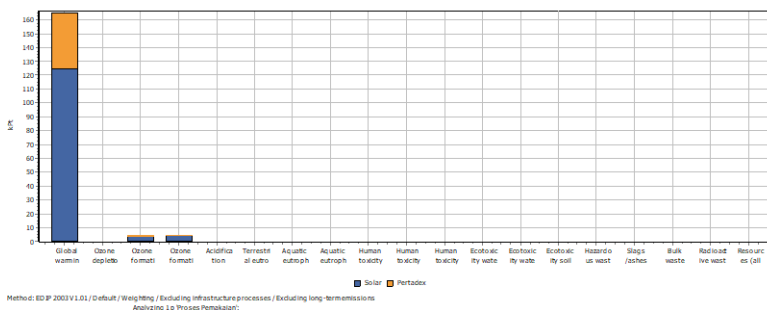
**Gambar 4.60 Grafik Normalization Proses Pemakaian**

- Analisa *Weighting* dan *Single Score*  
Berikut ini adalah analisa *weighting* dari proses pemakaian.  
Dengan nilai kPt adalah *thousand of eco-point*.

**Tabel 4.78 Weighting dan Single Score Proses Pemakaian**

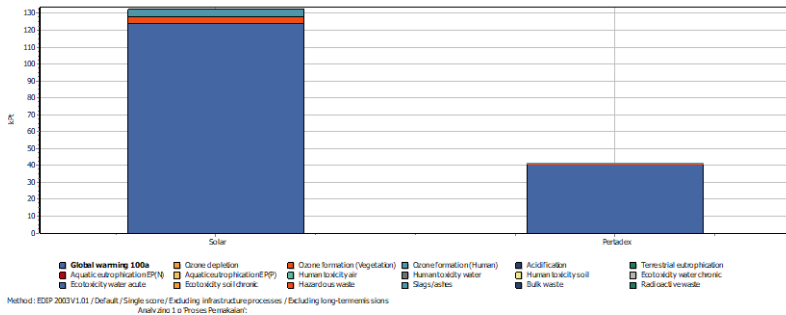
Impact category	Unit	Solar	Pertadex
Global warming 100a	kPt	124.3605	40.72126
Ozone depletion	kPt	0	0
Ozone formation (Human)	kPt	4.242329	0.527672
Human toxicity air	kPt	0	0

Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3



Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

**Gambar 4.61 Grafik Weighting Proses Pemakaian**



Sumber : Hasil Perhitungan SimaPro 8.3

**Gambar 4.62 Grafik Single Score Proses Pemakaian**

*Weighting* dan *single score* dilakukan untuk mendapatkan perbandingan dampak yang setara. Dimana masing-masing dampak dibobotkan dimana setelah dilakukan *normalization* bisa jadi sama namun jumlahnya berbeda. Dari Tabel 4.75 diketahui bahwa dampak paling besar kegiatan penunjang yaitu *global warming 100a* sebesar 124,3605 kPt. Dimana pada Gambar 4.61 yang menampilkan grafik perbandingan pemakaian BBM solar dengan tanda warna biru sebagai dampak *global warming 100a*.

Pada lapisan atmosfer CO<sub>2</sub> bersama dengan uap air mampu menyerap energi infra-red, dimana seharusnya infra-red dipantulkan kembali ke atmosfer. Perubahan konsentrasi CO<sub>2</sub> atmosfer dapat mengakibatkan perubahan iklim global melalui *greenhouse effect*. Fenomena *global warming* berdampak paling besar terhadap perubahan iklim seperti perubahan pola musim, kenaikan permukaan air laut, kenaikan temperatur permukaan bumi, dll.

## 4.5 Alternatif Kegiatan untuk Masing-masing Proses

### 4.5.1 Alternatif pada Proses Eksplorasi dan Produksi

Berikut adalah beberapa alternatif yang dapat digunakan untuk menangani dampak pemakaian bahan bakar solar pada sumur produksi. Alternatif ini bertujuan untuk mereduksi dampak terhadap *global warming 100a*.

**Tabel 4.79 Alternatif Reduksi pada Proses Eksplorasi dan Produksi**

Alternatif	Cara Kerja	Fungsi	Pengaruh terhadap emisi
<i>Enhanced Oil/Gas Recovery</i> (*)	Menginjeksikan gas CO <sub>2</sub> kedalam atau berdekatan dengan sumur produksi minyak	Pemanfaatan gas buang CO <sub>2</sub> dan meningkatkan perolehan minyak dengan cara mengurangi kejenuhan minyak residue	Berkurangnya emisi gas CO <sub>2</sub>
Pemanfaatan Mikroalga <i>Chlorella Vulgaris</i> (**)	Gas dialirkan kedalam photobioraktor yang berisi air tawar dan <i>Chlorella Vulgaris</i> .	Mereduksi emisi gas CO <sub>2</sub>	Berkurangnya emisi gas CO <sub>2</sub>
<i>Dual Fuel Diesel Generator</i> (***)	Melakukan mixing antara bahan bakar diesel dan natural gas pada generator	Menekan pemakaian bahan bakar diesel hingga 30% dan pemanfaatan natural gas yang dihasilkan dari kegiatan eksplorasi dan produksi	Berkurangnya emisi gas CO <sub>2</sub>

Sumber = \* (Kementerian Keuangan, 2015)

\*\* (Ni'matulloh, 2012)

\*\*\* (MacDonald, 2014)

Alternatif pada Tabel 4.76 merupakan pilihan yang memungkinkan dapat diterapkan pada wilayah kerja dengan mempertimbangkan kriteria biaya investasi & produksi, dampak lingkungan, dan kemudahan pelaksanaan.

#### 4.5.2 Alternatif pada Proses Pengolahan

Berikut adalah beberapa alternatif yang dapat digunakan untuk menangani dampak pemakaian material *long residue* akibat hasil kegiatan *crude distilasi* pada *high vacuum unit*. Alternatif ini bertujuan untuk mereduksi dampak terhadap *global warming 100a*.

**Tabel 4.80 Alternatif Reduksi pada Proses Pengolahan**

Alternatif	Cara Kerja	Fungsi	Pengaruh terhadap emisi
<i>Desalter design (*)</i>	Menggunakan multi stage unit dan kombinasi AC dan medan DC	Meningkatkan efisiensi dan mengurangi energi konsumsi	Berkurangnya emisi gas CO <sub>2</sub>
<i>Progressive Distillation Design (**)</i>	Menurunkan utilitas panas yang diperlukan untuk proses distilasi	Mereduksi emisi crude distilasi sebesar 30%	Berkurangnya emisi gas CO <sub>2</sub>
<i>Carbon capture storage sebagai gas inert (**)</i>	Pemakaian gas CO <sub>2</sub> sebagai gas utama pengelasan karena jauh lebih murah daripada	Pemanfaatan gas buang CO <sub>2</sub>	Berkurangnya emisi gas CO <sub>2</sub>

Alternatif	Cara Kerja	Fungsi	Pengaruh terhadap emisi
	gas inert lainnya.		

Sumber = \* (EPA, 2010)

\*\* (Kementerian Keuangan, 2015)

Alternatif pada Tabel 4.77 merupakan pilihan yang memungkinkan dapat diterapkan pada wilayah kerja dengan mempertimbangkan kriteria biaya investasi & produksi, dampak lingkungan, dan kemudahan pelaksanaan.

#### 4.5.3 Alternatif pada Proses Distribusi

Berikut adalah beberapa alternatif yang dapat digunakan untuk menangani dampak pemakaian bahan bakar gas pada kegiatan penunjang. Alternatif ini bertujuan untuk mereduksi dampak terhadap *global warming 100a*.

**Tabel 4.81 Alternatif Reduksi Proses Distribusi**

Alternatif	Cara Kerja	Fungsi	Pengaruh terhadap emisi
Peningkatan pemakaian bahan bakar low sulfur (*)	Mengganti bahan bakar solar dengan bahan bakar low sulfur	Menekan emisi yang dihasilkan kibat pembakaran bahan bakar	Mengurangi beban emisi yang dihasilkan
<i>Vessel speed reduction program (VSRP) (**)</i>	melakukan perpanjangan waktu dan penurunan kinerja mesin dari jarak tertentu ke dermaga	Mengurangi pemakaian bahan bakar	reduksi emisi rumah kaca sekitar 25% dari hasil pembakaran mengalami penurunan beriringan dengan pengurangan pembakaran bahan bakar



Alternatif	Cara Kerja	Fungsi	Pengaruh terhadap emisi
<i>Exhaust gas recirculation (**)</i>	Gas buang yang dihasilkan ditransfer ke ruang pebakaran dimana gas akan menyerap panas dan akan menurunkan laju pembentukan emisi gas tertentu	Mengurangi laju pembentukan emisi	Penurunan Nox sebesar 75%

Sumber = \* (EPA, 1999)

\*\* (fung,2014)

Alternatif pada Tabel 4.78 merupakan pilihan yang memungkinkan dapat diterapkan pada wilayah kerja dengan mempertimbangkan kriteria biaya investasi & produksi, dampak lingkungan, dan kemudahan pelaksanaan.

#### 4.5.4 Alternatif pada Proses Pemakaian

Berikut adalah beberapa alternatif yang dapat digunakan untuk menangani dampak pemakaian bahan bakar solar pada kegiatan pemakaian BBM. Alternatif ini bertujuan untuk mereduksi dampak terhadap *global warming 100a*.

**Tabel 4.82 Alternatif Reduksi pada Proses Pemakaian**

Alternatif	Cara Kerja	Fungsi	Pengaruh terhadap emisi
Peralihan bahan bakar dari solar ke bahan bakar gas (*)	Pemakaian Bahan bakar gas pada kendaraan perjalanan jauh logistik dan kendaraan pengguna bahan bakar solar	Menekan penggunaan bahan bakar solar yang menghasilkan emisi cukup besar	Berkurangnya emisi gas CO <sub>2</sub>
Penerapan <i>Eco-driving</i> (**)	Menganut dalam sistem mengemudi yang ramah lingkungan.	Menumbuhkan dan meningkatkan kesadaran akan eco lifestyle dalam berkendara	Berkurangnya emisi gas CO <sub>2</sub>
Pemakaian <i>Public Transportation</i> (***)	Penggunaan kendaraan umum seperti bus kota, kereta komuter, angkutan	Menekan pemakaian kendaraan pribadi sehingga akan menekan pula konsumsi BBM	Berkurangnya emisi gas CO <sub>2</sub>

Alternatif	Cara Kerja	Fungsi	Pengaruh terhadap emisi
	n umum dll		

Sumber = \* (Burhanuddin, 2002)

\*\* (Kahn Ribeiro, Suzana dan Shigeki Kobayashi)

\*\*\* (Ferdiansyah, 2009)

Alternatif pada Tabel 4.79 merupakan pilihan yang memungkinkan dapat diterapkan pada wilayah kerja dengan mempertimbangkan kriteria biaya investasi & produksi, dampak lingkungan, dan kemudahan pelaksanaan.

#### 4.6 Pemilihan Alternatif Terbaik dengan AHP

Pemilihan alternatif berdasarkan permasalahan yang kompleks dalam struktur yang hirarkis melalui hubungan antara tujuan, kriteria, dan alternatif. Kemudian diberi penilaian numerik tentang prioritas dari alternatif tersebut dengan alternatif lainnya. Dari pemilihan prioritas tersebut akan dilakukan analisa untuk mendapatkan alternatif yang memiliki prioritas tertinggi dan berperan untuk mempengaruhi hasil dari analisa. Tahapan dalam analisa ini adalah sebagai berikut :

1. Identifikasi kriteria dalam penentuan alternatif
2. Menyusun hirarki dengan kriteria yang dilakukan secara kajian teoritis.
3. Menentukan bobot prioritas dengan perbandingan antar alternatif.
4. Mengukur konsistensi dimana pemberian nilai dalam perbandingan antar alternatif.

##### 4.6.1 Pemilihan Kriteria dalam Prosedur AHP

Dari hasil *life cyle assessment* diketahui grafik perbandingan dampak lingkungan dan telah dianalisa alternatif yang dapat digunakan. Terdapat tiga kriteria yang digunakan pada penelitian ini, diantaranya sebagai berikut:

1. Biaya Investasi dan Produksi

Biaya investasi merupakan biaya yang dikeluarkan untuk pembelian mesin ataupun peralatan baru, penambahan tenaga kerja terkait biaya pelatihan. Biaya produksi merupakan biaya yang dikeluarkan untuk semua bahan langsung yang digunakan untuk operasional alternatif.

## 2. Dampak Lingkungan

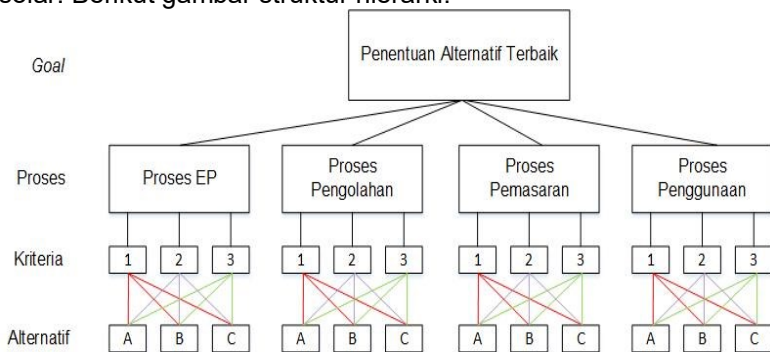
Dampak lingkungan merupakan seberapa besar pengaruh alternatif terhadap optimalisasi reduksi dampak yang dianalisa pada LCA.

## 3. Kemudahan Pelaksanaan

Kemudahan dalam pelaksanaan merupakan tingkat kesulitan dalam operasional alternated terbilang rendah.

### 4.6.2 Penyusunan Hirarki

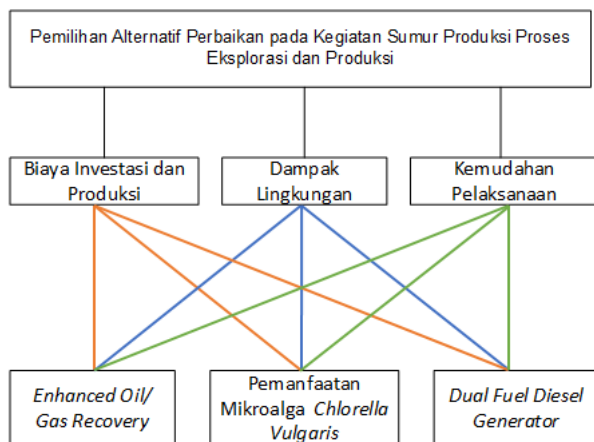
Permasalahan yang akan diselesaikan diruraikan dalam bentuk yaitu unsur yang terpisah. Fokus permasalahan dibuat secara hirarkis dengan permasalahan utama dijadikan sebagai prioritasnya. Permasalahan yang akan diselesaikan pada penelitian ini adalah pemilihan alternatif paling optimum yang dapat dilakukan dari masing-masing sektor proses pada produksi solar. Berikut gambar struktur hierarki.



**Gambar 4.63 Contoh Penentuan Hierarki**

#### 4.6.2.1 Hierarki Proses Eksplorasi dan Produksi

Berikut hierarki proses eksplorasi dan produksi dengan tujuan mendapatkan alternatif perbaikan pada kegiatan sumur produksi. Pilihan alternatif tersebut merupakan hasil analisa seperti yang tercantum dalam Gambar 4.63. Perbandingan dilakukan berdasarkan kriteria yang telah ditentukan.

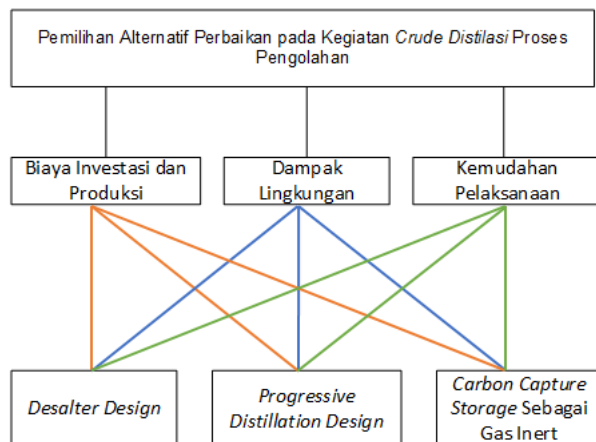


**Gambar 4.64 Hierarki Proses Eksplorasi dan Produksi**

Pemilihan alternatif pada kegiatan sumur produksi proses eksplorasi dan produksi diawali dengan melakukan pembobotan perbandingan pada masing-masing kriteria. Proses pemilihan terdiri dari 3 alternatif yaitu *Enhanced Oil/Gas Recovery*, pemanfaatan mikroalga *Chlorella Vulgaris*, dan *Dual Fuel Diesel Generator*. Ketiga alternatif tersebut akan dibandingkan pada setiap kriteria dengan pemberian bobot prioritas pada salah satu alternatif. Dari hasil perbandingan akan diperoleh satu alternatif paling optimum.

#### 4.6.2.2 Hierarki Proses Pengolahan

Berikut hierarki proses pengolahan dengan tujuan mendapatkan alternatif perbaikan pada kegiatan *crude distilasi*. Pilihan alternatif tersebut merupakan hasil analisa seperti yang tercantum dalam Gambar 4.64. Perbandingan dilakukan berdasarkan kriteria yang telah ditentukan.

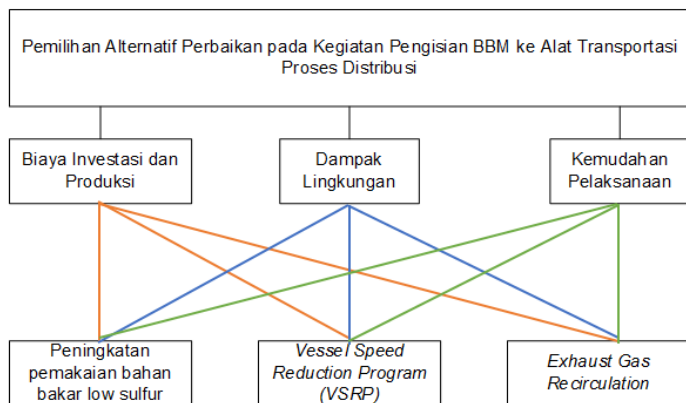


**Gambar 4.65 Hierarki Proses Pengolahan**

Pemilihan alternatif pada kegiatan *crude distilasi* proses pengolahan diawali dengan melakukan pembobotan perbandingan pada masing-masing kriteria. Proses pemilihan terdiri dari 3 alternatif yaitu *Desalter design*, *Progressive Distillation Design*, dan *Carbon Capture Storage* sebagai gas inert. Ketiga alternatif tersebut akan dibandingkan pada setiap kriteria dengan pemberian bobot prioritas pada salah satu alternatif. Dari hasil perbandingan akan diperoleh satu alternatif paling optimum.

#### 4.6.2.3 Hierarki Proses Distribusi

Berikut hierarki proses distribusi dengan tujuan mendapatkan alternatif perbaikan pada kegiatan penunjang. Pilihan alternatif tersebut merupakan hasil analisa seperti yang tercantum dalam Gambar 4.65. Perbandingan dilakukan berdasarkan kriteria yang telah ditentukan.

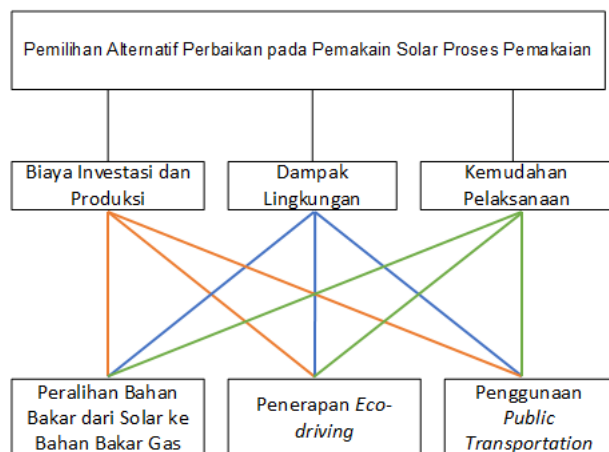


**Gambar 4.66 Hierarki Proses Distribusi**

Pemilihan alternatif pada pengisian BBM ke alat transportasi proses distribusi diawali dengan melakukan pembobotan perbandingan pada masing-masing kriteria. Proses pemilihan terdiri dari 3 alternatif yaitu peningkatan pemakaian bahan bakar *low sulfur*, *Vessel Speed Reduction Program (VSRP)*, dan *Exhaust Gas Recirculation*. Ketiga alternatif tersebut akan dibandingkan pada setiap kriteria dengan pemberian bobot prioritas pada salah satu alternatif. Dari hasil perbandingan akan diperoleh satu alternatif paling optimum.

#### 4.6.2.4 Hierarki Proses Pemakaian

Berikut hierarki proses pemakaian dengan tujuan mendapatkan alternatif perbaikan pada pemakaian bahan bakar solar. Pilihan alternatif tersebut merupakan hasil analisa seperti yang tercantum dalam Gambar 4.66. Perbandingan dilakukan berdasarkan kriteria yang telah ditentukan.



**Gambar 4.67 Hierarki Proses Pemakaian**

Pemilihan alternatif pada kegiatan pemakaian solar diawali dengan melakukan pembobotan perbandingan pada masing-masing kriteria. Proses pemilihan terdiri dari 3 alternatif yaitu peralihan bahan bakar dari solar ke bahanbakar gas, penerapan *eco-driving*, dan penggunaan *public transportation*. Ketiga alternatif tersebut akan dibandingkan pada setiap kriteria dengan pemberian bobot prioritas pada salah satu alternatif. Dari hasil perbandingan akan diperoleh satu alternatif paling optimum.

#### **4.6.3 Analisa Pemilihan Alternatif Terbaik**

Alternatif yang telah direncanakan akan dipilih berdasarkan kriteria yang telah dipilih. Pemilihan berdasarkan kriteria dilakukan untuk mempermudah dalam penentuan alternatif terbaik. Alternatif terbaik yang terpilih diharapkan dapat mereduksi dampak. Selanjutnya akan dibahas mengenai alternatif terbaik dari masing-masing proses.

##### **4.6.3.1 Alternatif Terbaik Kegiatan Sumur Produksi pada Proses Eksplorasi dan Produksi**

Penentuan alternatif terbaik berdasarkan penyebaran kuisioner kepada responden yang telah ahli dan memahami



kegiatan tersebut. Dari kuisioner tersebut didapatkan alternatif yang memungkinkan untuk diaplikasikan. Pemilihan responden sebanyak 5 orang yang terdiri dari *environment manager*, *environment staff*, 2 orang *reservoir engineer*, dan ahli udara. Kelima responden memberikan bobot pada perbandingan kriteria dan alternatif sesuai dengan kuisioner yang telah diberikan. Dari hasil kuisioner tersebut dilakukan penginputan data ke aplikasi *Expert Choice*. Berdasarkan hasil kuisioner dilakukan pembobotan kriteria dan alternatif, ditunjukkan pada tabel berikut:

**Tabel 4.83 Pembobotan Pemilihan Kriteria Alternatif**

	Biaya Investasi & Produksi	Dampak Lingkungan	Kemudahan Pelaksanaan
Biaya Investasi & Produksi		2,02779	1,05922
Dampak Lingkungan			1,8623
Kemudahan Pelaksanaan	Incon: 0.00		

Dari Tabel 4.81 diketahui bahwa nilai pembobotan dari lima responden untuk biaya investasi & produksi dengan kemudahan pelaksanaan adalah 1,05922, biaya Investasi & produksi dengan dampak lingkungan adalah 2,02779, dan dampak lingkungan dengan kemudahan pelaksanaan adalah 1,8623. Nilai pembobotan berdasarkan akumulasi pemilihan yang telah dilakukan masing-masing responden. Dimana pemilihan responden menunjukkan prioritas terhadap kriteria dan alternatif.. Berikut hasil pembobotan kriteria pada Gambar 4.67:



**Gambar 4.68 Penentuan Kriteria Terpilih**

Dari Gambar 4.67 menjelas bahwa kriteria biaya investasi & produksi memiliki tingkat kepentingan sebesar 0,245, kriteria dampak lingkungan sebesar 0,493, dan kriteria kemudahan pelaksanaan sebesar 0,262, sehingga total dari 3 kriteria adalah 1.0. dengan kepentingan terbesar adalah kriteria dampak lingkungan.

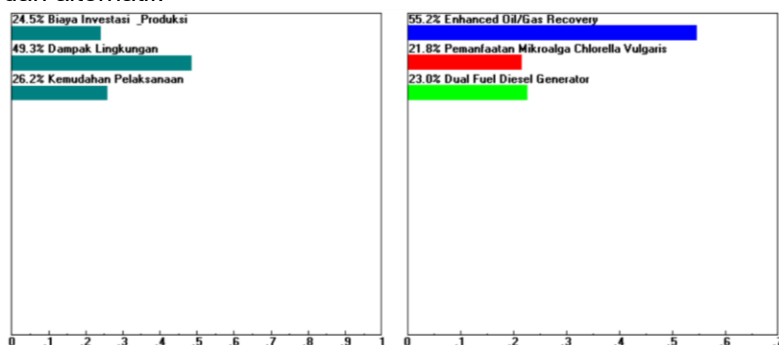
Dari hasil proses penginputan data setiap kriteria didapatkan alternatif terbaik yang akan dipilih sebagai saran dan

rekomendasi bagi perusahaan guna memperbaiki emisi dan pencemaran udara. Hasil analisa menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) disajikan pada Gambar 4.68.



**Gambar 4.69 Penentuan Alternatif Perbaikan Kegiatan Sumur Produksi**

Dari Gambar 4.68 diketahui bahwa dari hasil pembobotan untuk mengatasi emisi dari kegiatan sumur produksi pada proses eksplorasi dan produksi adalah *Enhanced Oil/Gas Recovery* dengan nilai kepentingan 0,552. Berikut Gambar 4.69 menampilkan jumlah persen responden dalam pemilihan kriteria dan alternatif.



**Gambar 4.70 Diagram Dynamic Proses Eksplorasi dan Produksi**

Dari Gambar 4.69 diketahui bahwa 49,3% responden memilih dampak lingkungan sebagai penentuan alternatif yang akan dipilih. Sehingga, dari ketiga alternatif tersebut 55,2% responden memprioritaskan pada alternatif *enhanced oil/gas recovery* sebagai langkah reduksi emisi pada kegiatan sumur produksi.

Dari serangkaian analisa yang dilakukan pada proses eksplorasi dan produksi kegiatan sumur produksi memberikan dampak yang besar terhadap *global warming 100a*. Produksi minyak yang dilakukan pada sumur produksi menggunakan alat rig. Rig yang beroperasi menggunakan bahan bakar solar dan

premium dimana pembakaran sempurna akan menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> berlebih. Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu dilakukan reduksi emisi gas CO<sub>2</sub> dengan melakukan pemanfaatan CO<sub>2</sub> yaitu alternatif *enhanced oil/gas recovery*. Alternatif ini meningkatkan perolehan minyak dengan cara injeksi emisi gas CO<sub>2</sub> yang berfungsi mengurangi kejenuhan minyak residue. Alternatif *enhanced oil/gas recovery* menjadi prioritas pilihan yang telah dipertimbangkan dari kriteria dampak lingkungan.

#### 4.6.3.2 Alternatif Terbaik Kegiatan *Crude Distillation* pada Proses Pengolahan

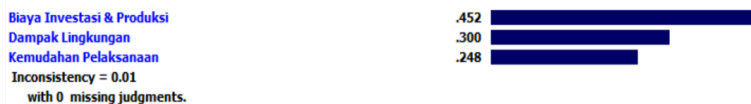
Penentuan alternatif terbaik berdasarkan penyebaran kuisioner kepada responden yang telah ahli dan memahami kegiatan tersebut. Dari kuisioner tersebut didapatkan alternatif yang memungkinkan untuk diaplikasikan. Pemilihan responden sebanyak 5 orang yang terdiri dari 2 orang *engineer* HSE, 2 orang PE, dan ahli udara. Kelima responden memberikan bobot pada perbandingan kriteria dan alternatif sesuai dengan kuisioner yang telah diberikan. Dari hasil kuisioner tersebut dilakukan penginputan data ke aplikasi *Expert Choice*. Berdasarkan hasil kuisioner dilakukan pembobotan kriteria dan alternatif, ditunjukkan pada tabel berikut:

**Tabel 4.84 Pembobotan Pemilihan Kriteria Alternatif**

	Biaya Investasi & Produksi	Dampak Lingkungan	Kemudahan Pelaksanaan
Biaya Investasi & Produksi		1,35522	2,01961
Dampak Lingkungan			1,09239
Kemudahan Pelaksanaan	Incon: 0.01		

Dari Tabel 4.83 diketahui bahwa nilai pembobotan dari lima responden untuk biaya investasi & produksi dengan kemudahan pelaksanaan adalah 2,01961, biaya Investasi & produksi dengan dampak lingkungan adalah 1,35522, dan dampak lingkungan dengan kemudahan pelaksanaan adalah 1,09239. Nilai pembobotan berdasarkan akumulasi pemilihan yang telah dilakukan masing-masing responden. Dimana pemilihan

responden menunjukkan prioritas terhadap kriteria dan alternatif.. Berikut hasil pembobotan kriteria pada Gambar 4.67:



**Gambar 4.71 Penentuan Kriteria Terpilih**

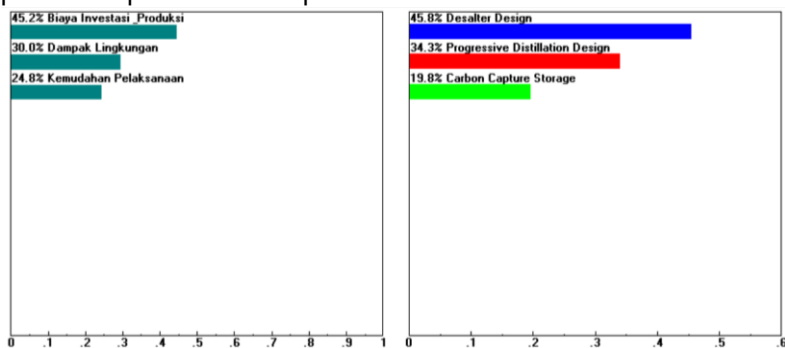
Dari Gambar 4.69 menjelas bahwa kriteria biaya investasi & produksi memiliki tingkat kepentingan sebesar 0,452, kriteria dampak lingkungan sebesar 0,3, dan kriteria kemudahan pelaksanaan sebesar 0,248, sehingga total dari 3 kriteria adalah 1.0. Dengan kepentingan terbesar adalah kriteria biaya invetasi & produksi.

Dari hasil proses penginputan data setiap kriteria didapatkan alternatif terbaik yang akan dipilih sebagai saran dan rekomendasi bagi perusahaan guna memperbaiki emisi dan pencemaran udara. Hasil analisa menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) disajikan pada Gambar 4.68.



**Gambar 4.72 Penentuan Alternatif Perbaikan *Crude Distillation***

Dari Gambar 4.70 diketahui bahwa dari hasil pembobotan untuk mengatasi emisi dari kegiatan sumur produksi pada proses eksplorasi dan produksi adalah *Desalter Design* dengan nilai kepentingan 0,458. Berikut Gambar 4.71 menampilkan jumlah persen responden dalam pemilihan kriteria dan alternatif.



**Gambar 4.73 Diagram *Dynamic* Proses Pengolahan**

Dari Gambar 4.72 diketahui bahwa 42,2% responden memilih kriteria biaya investasi & produksi sebagai penentuan alternatif yang akan dipilih. Sehingga, dari ketiga alternatif tersebut 45,8% responden memprioritaskan pada alternatif *desalter design* sebagai langkah reduksi emisi pada kegiatan *crude distillation*.

Dari serangkaian analisa yang dilakukan pada proses pengolahan kegiatan *crude distillation* memberikan dampak yang besar terhadap mempengaruhi *global warming 100*. *Crude Distillation* merupakan kegiatan mengubah fraksi minyak berdasarkan titik didihnya. Pada kegiatan ini terjadi pembakaran menggunakan fuel oil, refinery gas, dan mix gas. Pembakaran yang terbentuk menghasilkan emisi yang mempengaruhi lingkungan. Sebagai entuk reduksi emisi yang dapat dilakukan yaitu dengan alternatif *desalter design* berfungsi untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi energi konsumsi. Alternatif ini bekerja menggunakan multi stage unit dan kombinasi AC dan medan DC. Alternatif *desalter design* menjadi prioritas pilihan yang telah dipertimbangkan dari kriteria biaya investasi dan produksi.

#### 4.6.3.3 Alternatif Terbaik Kegiatan Pengisian BBM ke Alat Transportasi pada Proses Distribusi

Penentuan alternatif terbaik berdasarkan penyebaran kuisioner kepada responden yang telah ahli dan memahami kegiatan tersebut. Dari kuisioner tersebut didapatkan alternatif yang memungkinkan untuk diaplikasikan. Pemilihan responden sebanyak 5 orang yang terdiri dari 2 orang distribusi, 2 HSE, dan ahli udara. Kelima responden memberikan bobot pada perbandingan kriteria dan alternatif sesuai dengan kuisioner yang telah diberikan. Dari hasil kuisioner tersebut dilakukan penginputan data ke aplikasi *Expert Choice*. Berdasarkan hasil kuisioner dilakukan pembobotan kriteria dan alternatif, ditunjukkan pada gambar berikut:

**Tabel 4.85 Pembobotan Pemilihan Kriteria Alternatif**

	Biaya Investasi & Produksi	Dampak Lingkungan	Kemudahan Pelaksanaan
Biaya Investasi & Produksi		5,56632	4,14082

Dampak Lingkungan			1,76932
Kemudahan Pelaksanaan	Incon: 0.08		

Dari Tabel 4.85 diketahui bahwa nilai pembobotan dari lima responden untuk biaya investasi & produksi dengan kemudahan pelaksanaan adalah 4,14082, biaya Investasi & produksi dengan dampak lingkungan adalah 5,56632, dan dampak lingkungan dengan kemudahan pelaksanaan adalah 1,76932. Nilai pembobotan berdasarkan akumulasi pemilihan yang telah dilakukan masing-masing responden. Berikut hasil pembobotan kriteria pada Gambar 4.71:



**Gambar 4.74 Penentuan Kriteria Terpilih**

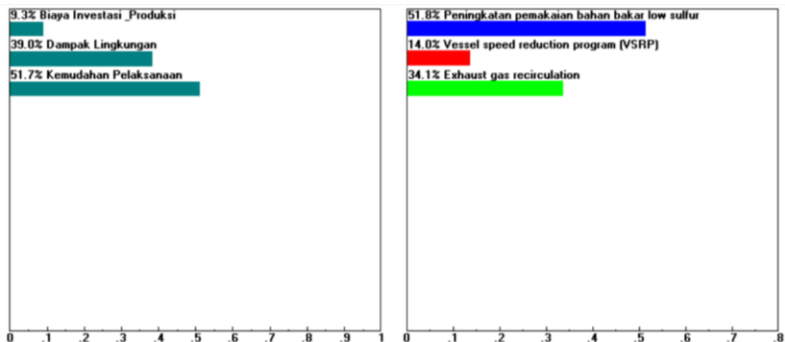
Dari Gambar 4.71 menjelaskan bahwa kriteria biaya investasi & produksi memiliki tingkat kepentingan sebesar 0,093, kriteria dampak lingkungan sebesar 0,390, dan kriteria kemudahan pelaksanaan sebesar 0,517, sehingga total dari 3 kriteria adalah 1.0. Dengan kepentingan terbesar adalah kriteria kemudahan pelaksanaan.

Dari hasil proses penginputan data setiap kriteria didapatkan alternatif terbaik yang akan dipilih sebagai saran dan rekomendasi bagi perusahaan guna memperbaiki emisi dan pencemaran udara. Hasil analisa menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) disajikan pada Gambar 4.72.



**Gambar 4.75 Penentuan Alternatif Perbaikan Pengisian BBM ke Alat Transportasi**

Dari Gambar 4.72 diketahui bahwa dari hasil pembobotan untuk mengatasi emisi dari kegiatan pengisian BBM ke alat transportasi pada proses distribusi adalah peningkatan pemakaian bahan bakar *low* sulfur dengan nilai kepentingan 0,518. Berikut Gambar 4.75 menampilkan jumlah persen responden dalam pemilihan kriteria dan alternatif.



**Gambar 4.76 Diagram *Dynamic Proses Distribusi***

Dari Gambar 4.75 diketahui bahwa 51,7% responden memilih kriteria kemudahan pelaksanaan sebagai penentuan alternatif yang akan dipilih. Sehingga, dari ketiga alternatif tersebut 51,8% responden memprioritaskan pada alternatif peningkatan pemakaian bahan bakar *low* sulfur sebagai langkah reduksi emisi pada pengisian BBM ke alat transportasi.

Dari serangkaian analisa yang dilakukan pada proses distribusi BBM kegiatan pengisian BBM ke alat transportasi. Dalam distribusi terdapat terminal atau TBBM yang digunakan sebagai *station*, TBBM terbagi dalam regional besar dan kecil. Kegiatan pengisian BBM ke alat transportasi memberikan pengaruh terhadap dampak *global warming 100a*, karena adanya penggunaan tugboat. Tugboat merupakan kapal yang operasionalnya menggunakan bahan bakar solar, sehingga hasil pembakarannya mengeluarkan emisi yang kepas ke udara. Selain itu, BBM solar memiliki kandungan sulfur sekitar 1200 ppm. Alternatif peningkatan pemakaian BBM *low* sulfur menjadi prioritas pilihan yang telah dipertimbangkan dari kriteria kemudahan pelaksanaan.

#### **4.6.3.4 Alternatif Terbaik Kegiatan Pemakaian BBM Solar**

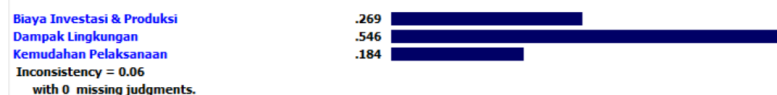
Penentuan alternatif terbaik berdasarkan penyebaran kuisioner kepada responden yang telah ahli dan memahami kegiatan tersebut. Dari kuisioner tersebut akan didapatkan alternatif yang memungkinkan untuk diaplikasikan. Pemilihan responden sebanyak 5 orang yang terdiri dari 3 orang pegawai pemerintah dan 2 ahli udara. Kelima responden memberikan bobot

pada perbandingan kriteria dan alternatif sesuai dengan kuisioner yang telah diberikan. Dari hasil kuisioner tersebut dilakukan penginputan data ke aplikasi *Expert Choice*. Berdasarkan hasil kuisioner dilakukan pembobotan kriteria dan alternatif, ditunjukkan pada gambar berikut:

**Tabel 4.86 Pembobotan Pemilihan Kriteria Alternatif**

	Biaya Investasi & Produksi	Dampak Lingkungan	Kemudahan Pelaksanaan
Biaya Investasi & Produksi		2,60517	1,87757
Dampak Lingkungan			2,30689
Kemudahan Pelaksanaan	Incon: 0.06		

Dari Tabel 4.83 diketahui bahwa nilai pembobotan dari lima responden untuk biaya investasi & produksi dengan kemudahan pelaksanaan adalah 1,87757, biaya Investasi & produksi dengan dampak lingkungan adalah 2,60517, dan dampak lingkungan dengan kemudahan pelaksanaan adalah 2,30689. Nilai pembobotan berdasarkan akumulasi pemilihan yang telah dilakukan masing-masing responden. Berikut hasil pembobotan kriteria pada Gambar 4.71:



**Gambar 4.77 Penentuan Kriteria Terpilih**

Dari Gambar 4.73 jelas bahwa kriteria biaya investasi & produksi memiliki tingkat kepentingan sebesar 0,269, kriteria dampak lingkungan sebesar 0,546, dan kriteria kemudahan pelaksanaan sebesar 0,184, sehingga total dari 3 kriteria adalah 1.0. Dengan kepentingan terbesar adalah kriteria dampak lingkungan.

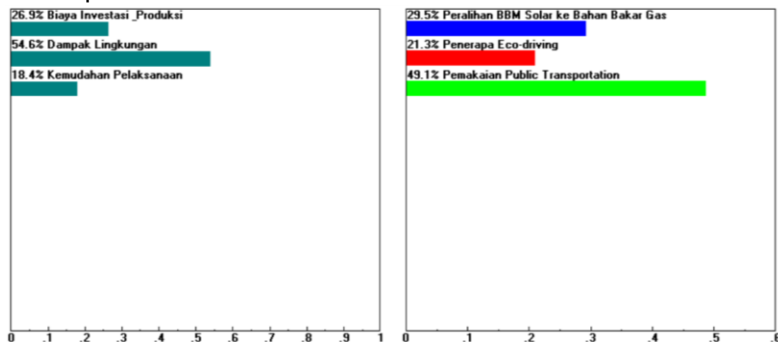
Dari hasil proses penginputan data setiap kriteria didapatkan alternatif terbaik yang akan dipilih sebagai saran dan rekomendasi bagi perusahaan guna memperbaiki emisi dan pencemaran udara. Hasil analisa menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) disajikan pada Gambar 4.74.





**Gambar 4.78 Penentuan Alternatif Perbaikan Pemakaian BBM Solar**

Dari Gambar 4.74 diketahui bahwa dari hasil pembobotan untuk mengatasi emisi dari kegiatan pemakaian BBM Solar adalah pemakaian *public transportation* dengan nilai kepentingan 0,491. Berikut Gambar 4.78 menampilkan jumlah persen responden dalam pemilihan kriteria dan alternatif.



**Gambar 4.79 Diagram Dynamic Proses Pemakaian**

Dari Gambar 4.78 diketahui bahwa 54,6% responden memilih dampak lingkungan sebagai penentuan alternatif yang akan dipilih. Sehingga, dari ketiga alternatif tersebut 49,1% responden memprioritaskan pada alternatif pemakaian *public transportation* sebagai langkah reduksi emisi pada pemakain BBM solar.

Dari serangkaian analisa yang dilakukan pada proses pemakaian BBM Solar, dalam pemakaian BBM solar oleh kendaraan terjadi pembakaran yang menghasilkan emisi. Pembakaran BBM Solar ini memberikan pengaruh terhadap dampak *global warming 100a*. Dampak tersebut diakibatkan oleh lepasnya gas buang kendaraan ke udara sehingga terjadi reaksi radikal diatmosfir. Dalam strategi penurunan emisi dari kendaraan BBM solar dibutuhkan suatu alternatif perbaikan. Alternatif pemakaian *public transportattion* menjadi prioritas pilihan yang telah dipertimbangkan dari kriteria dampak lingkungan. Namun dalam pelaksanaan alternatif tersebut dapat optimum dalam waku jangka panjang. Sehingga dibutuhkan penanganan reduksi emisi

untuk jangka pendek dan individual untuk pengguna BBM jenis solar. Penerapan *eco-driving* menjadi alternatif terpilih, karena sasaran ini langsung berkenaan dengan perilaku pengendara kendaraan bermotor.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 4.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diambil dari penelitian ini adalah:

1. Beban emisi proses eksplorasi dan produksi sebesar 0,0037 tonCO<sub>2</sub>/produk dan 0,0015 tonCH<sub>4</sub>/produk. Proses pengolahan 0,15 tonCO<sub>2</sub>/produk dan 0,00047 tonCH<sub>4</sub>/produk. Proses distribusi menghasilkan beban emisi sebesar 1,16x10<sup>-3</sup> tonCO<sub>2</sub>/produk dan 8,41x10<sup>-7</sup> tonCH<sub>4</sub>/produk. Proses pemakaian menghasilkan beban emisi sebesar 5,36 tonCO<sub>2</sub>/produk dan 1,76x10<sup>-3</sup> tonCH<sub>4</sub>/produk.
2. Proses eksplorasi dan produksi yang menghasilkan emisi adalah sumur produksi, *glycol dehydrator*, tangki timbun, dan *flare to gas*. Proses pengolahan yang menghasilkan emisi adalah *crude distilasi*, *high vacuum unit*, *flare gas*, dan *loading-unloading*. Proses distribusi yang menghasilkan emisi adalah tugboat, tanki timbun, penyaluran, dan kegiatan penunjang. Proses pemakaian yang menghasilkan emisi adalah pemakaian BBM solar dan pertadex.
3. Strategi reduksi dampak dilakukan dengan membuat *opsi* alternatif pada masing-masing proses. Alternatif pada proses eksplorasi dan produksi adalah *enhanced oil/gas recovery*. Alternatif pada proses pengolahan *Desalter Design*. Alternatif pada proses distribusi peningkatan pemakaian bahan bakar *low sulfur*. Alternatif pada proses pemakaian adalah pemakaian *eco-driving*.

#### 4.2 Saran

Dari penelitian ini dapat diberikan saran yang diharapkan bermanfaat bagi penelitian selanjutnya antara lain sebagai berikut:

1. Keterkaitan stakeholder harus dipahami agar mempermudah dalam memenuhi kelengkapan data. Proses *running LCA* pada SimaPro 8.3 membutuhkan data yang mendetail dari pihak perusahaan.
2. Melakukan penelitian lebih dalam mengenai efisiensi alternatif, dan keterkaitan dengan jumlah biaya yang dapat disimpan terhadap alternatif yang dipilih.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR PUSTAKA

- Aube, F. 2001. **Guide for Computing CO<sub>2</sub> Emissions Related to Energy Use**. Research Scientist, CANMET Energy Diversification Research Laboratory. USA
- Adhiyaksa, Raka.2014.**Perbedaan Premium, Pertamina, Pertamina Plus, Pertamina Dex dan BioPertamax**.<http://kazehayamochi.blogspot.co.id/2014/10/perbedaan-premium-pertamax-pertamax.html>.(16 Februari 2017)
- Ali, Arsad Rahim.2007.**Kajian Pustaka Kebijakan Pencemaran Udara di Indonesia**. Dinas Kesehatan Kabupaten Polewali Mandar.Sulawesi Barat.
- Amar, Syaiful.2014. **SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PENGUKUR KUALITAS SOFTWARE DENGAN MENERAPKAN METODE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP)**.Universitas Dian Nuswantoro.Semarang.
- Ardiyanto, Deny.2015.**Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Perumahan Dengan Metode AHP (*Analytical Hierarcy Process*)**.Universitas Nusantara Persatuan Guru Republik Indonesia.Kediri.
- Budianto, Wakhyono.2008.**Analisis Hubungan Kualitas Udara Ambien Dengan Kejadian Penyakit ISPA**.Universitas Indonesia.Jakarta.
- Budiyono, Afif.2001.**Pencemaran Udara : Dampak Pencemaran Udara Pada Lingkungan**.Berita Dirgantara.
- Burhanuddin Sitorus, Tulus.2002.**Tinjauan Pengembangan Bahan Bakar Gas Sebagai Bahan Bakar Alternatif**. Universitas Sumatera Utara.
- Case, Michael, *et al*.2007.**Climate Change in Indonesia Implication for Humans and Nature**.WWF.Amerika Serikat.
- Direktorat Pengolahan Pertamina.2015.**Proses Produksi BBM dari Bumi dan Kilang-kilang BBM Pertamina**.Jakarta.
- [EPA].2010.**Available and Emerging Technologies for Reducing Greenhouse Gas Emissions From The Petroleum Refining Industry**.United State.
- [EPA] Environmental Protection Agency. 2001. **Section 604 Rehabilitation act**.USA

- Ferdiansyah, Ronando.2009. **Kemungkinan Peralihan Penggunaan Moda Angkutan Pribadi Moda Angkutan Umum Perjalanan Depok-Jakarta**.Institut Teknologi Bandung.
- Ghaziyyad, Virgasena Nabhan.2015.**Analisis Efektivitas Arang Tempurung Kelapa dan Karbon Aktif dalam Mengadsorpsi Gas Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) yang Dihasilkan Oleh Lumpur Tinja dan Kotoran Sapi**.Intitut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.Surabaya.
- Gultom, Maruli Cesco.2012.**Kajian Eksperimental Perbandingan Performansi Generator Diesel Menggunakan Solar, Biosolar, dan Pertades**.Universitas Sumatera Utara.Medan.
- Gustina, Dessy dan Lilik Slamet.2012.**Analisa Faktor Gas Buang Kendaraan Berbahan Bakar Solar Menggunakan Rancangan Acak Lengkap (Suatu Aplikasi Matematika dan Statistika Untuk Penelitian Lingkungan)**.Yogyakarta.
- Haas, Guido, et al.2005. **Estimation of Environmental Impact of Conversion to Organis Agriculture in Hamburg Using The Life-Cycle-Assessment Method**.Germany.
- Hamali, Sambudi.2015.**Pengambilan Keputusan Manajemen Menggunakan Analytical Hierarcy Process (AHP)**.Binus.Jakarta.
- Hermawan, et al.2013.**Peran Life Cycle Analysis (LCA) Pada Material Konstruksi Dalam Upaya Menurunkan Dampak Emisi Karbon Dioksida Pada Efek Gas Rumah Kaca**.Universitas Sebelas Maret.Surakarta.
- International Energy Agency.2011.**World Energy Outlook**.France.
- Kahn Ribeiro, Suzana dan Shigeki Kobayashi. **US Term for Petrol**.United State.
- Kautzar, Galuh Zuhria, et al.2015.**Analisis Dampak Lingkungan Pada Aktivitas Supply Chain Produk Kulit Menggunakan Metode LCA dan ANP**.Universitas Brawijaya.Malang.
- Kementerian Keuangan.2015.**Opsi Kebijakan Fiskal dalam Mempromosikan Penyerapan dan Penyimpanan Karbon pada Industri Minyak dan Gas di Indonesia**.Jakarta

- Kementerian Lingkungan Hidup. 2012.**Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional**. Jakarta.
- Kusminingrum, Nanny, dan G. Gunawan.2008.**Polusi Udara Akibat Aktivitas Kendaraan Bermotor Di Jalan Perkotaan Pulau Jawa dan Bali**.Bandung.
- MacDonald, Jamie.2014.**Proding Scope for Reducing the Carbon Footprint of an Offshore Oil Rig**.University of Strathclyde Engineering.Scotland.
- Makkasau, Kasman.2012.**Penggunaan Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dalam Penentuan Prioritas Pogram Kesehatan (Studi Kasus Program Promosi Kesehatan)**.Universitas Diponegoro.Semarang.
- Masithah, Itha.2016.**Menipisnya Lapisan Ozon**.Pendidikan Biologi.
- Nasution, Siti Rohana.2013.**Proses Hirarki Analitik Dengan *Expert Choice 2000* untuk Menentukan Fasilitas Pendidikan yang Diinginkan Konsumen**.Universitas Pancasila.Jakarta.
- Ni'Matulloh.2012.**Pengaruh CO<sub>2</sub>Tinggi dan NO<sub>x</sub> Berbasis Komposisi Gas Buang PLTU Terhadap Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella Vulgaris* Dalam Sistem Kultivasi Semi Kontinu**.Universitas Indonesia.Indonesia.
- Palupi, Amandha Harnaningtyas, *et al*.2014.**Evaluasi Dampak Lingkungan Produk Kertas Dengan Menggunakan *Life Cycle Assessment* (LCA) dan *Analytical Network Process* (ANP)**.Universitas Brawijaya.Malang.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia.2010.**Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca**.Jakarta.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia.2014.**Penyediaan, Pendistribusian dan Harga Jual Eceran Bahan Bakar Minyak**.Jakarta.
- Pertamina.2016.**DEXlite,Produk Baru Pertamina**.<http://www.pertamina.com/news-room/seputar-energi/dexlite,-produk-baru-solar-pertamina/>.(29 Januari 2017)
- Pilusa, T.J., M.M. Mollagee, dan E. Muzenda.2012.**Reduction of Vehicle Exhaust Emissions from Diesel Engines Using the Whale Concept Filter**.Taiwan.



- Pre. 2014. *All About SimaPro 8*. <URL: <https://www.pre-sustainability.com/>>
- Putri, et al.2014.**Evaluasi Dampak Lingkungan Pada Aktivitas Supply Chain Produk Susu KUD Batu dengan Implementasi Life Cycle Assessment (LCA) dan Pendkatan Analytical Network Process (ANP).**Universitas Brawijaya.Malang.
- Retnoningsih, Dwi.2011.**Pemanfaatan Aplikasi Expert Choice Sebagai Alat Bantu Dalam Pengambilan Keputusan (Studi Kasus: Pemilihan Program Studi fi Universitas Sahid Surakarta).**Universitas Sahid Surakarta.Surakarta.
- Risdiyanta, ST.,MT.Tanpa tahun.**Mengenal Kilang Pengolahan Minyak Bumi (Refinery) di Indonesia.**Forum Teknologi Vol.5 No.4.
- Rizki Ariyanto, Sudirman.2014.**Rancangan Bangun Diesel Particulate Trap (DPT) Untuk Mereduksi Opasitas, Konsumsi Bahan Bakar, dan Tingkat Kebisingan Mesin Isuzu C190.**Universitas Negeri Surabaya.Indonesia.
- Rohman, Taufiqur.2009.**Model Jaminan Pasokan BBM Bersubsidi pada Sektor Transportasi dan Rumah Tangga untuk Penanggulangan Kelangkaan BBM di Bangka Belitung.**Universitas Indonesia.Jakarta.
- Rosmeika, et al.2010. **Pengembangan Perangkat Lunak Life Cycle Assessment (LCA) Untuk Ampas Tebu.** Universitas Gadjah Mada.Yogyakarta.
- Sabljić, Alexander.2009.**Environmental and Ecological Chemistry.**UNESCO.United Kingdom.
- Samiaji, Toni.2011. **GAS CO<sub>2</sub> DI WILAYAH INDONESIA.**Berita Dirgantara.
- Santoso, Haryo dan Ronald.2012.**Rekayasa Nilai dan Analisis Daur Hidup Pada Model Alat Potong Kuku Dengan Limbah Kayu di CV. Piranti Works.**Universitas Dlponegoro.Semarang.
- Sitepu, Hairul.2011.**Model Pengembangan Rusunawa Ramah Lingkungan Melalui Optimasi Pelaksanaan Green Construction di Batam.**Institut Pertanian Bogor.Bogor.
- Sobah, Saripah, Hary Sulityo, dan Siti Syamsiah.2013.**Pengolahan Gas CO<sub>2</sub> Hasil Samping Industri Amoniak**

- Melalui Gasifikasi Batubara yang Telah dipirolisis dengan Menambahkan  $\text{Ca(OH)}_2$ .**
- Supriyono, *et al.* 2007. **Sistem Pemilihan Pejabat Struktural Dengan Metode AHP.** Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir. Yogyakarta.
- Tominanto. 2012. **Sistem Pendukung Keputusan Dengan Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) Untuk Penentuan Prestasi Kinerja Dokter Pada RSUD. Sukoharjo.** APIKES Citra Medika Surakarta. Surakarta.
- Turnip, Jekson. 2009. **Pengujian dan Analisa Performansi Motor Bakar Diesel Menggunakan Biodisel Dimethyl Ester B-01 dan B-02.** Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Undang-undang Republik Indonesia no 13. 2009. **BAKU MUTU EMISI SUMBER TIDAK BERGERAK BAGI USAHA DAN/ATAU KEGIATAN MINYAK DAN GAS BUMI.** Jakarta.
- Utina, Ramli. 2015. **Pemanasan Global : Dampak dan Upaya Meminimalisasinya.** Universitas Negeri Gorontalo. Gorontalo.
- Venkataramanan, M dan Smitha. 2011. **Causes and Effects of Global Warming.** Department of Economics, D.G. Vaishnav College. India.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## LAMPIRAN 1-A

### PROSES EKSPLORASI dan PRODUKSI


Perkenalkan saya Annisa Tamara Sari, mahasiswi S1 jurusan Teknik Lingkungan ITS Surabaya. Saat ini saya sedang melakukan penelitian mengenai *Life Cycle Assessment* (LCA) Emisi Proses Produksi Bahan Bakar Minyak (BBM) Jenis Solar dengan Pendekatan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Tujuan dari adanya kuisioner ini untuk menganalisis dampak dari emisi yang keluar pada sektor eksplorasi minyak dengan hasil berupa alternatif terbaik. Berdasarkan penelitian yang saya lakukan menggunakan aplikasi SimaPro 8.3 diketahui bahwa dari kegiatan yang ada pada proses eksplorasi memberikan dampak yang sangat besar terhadap *Global Warming 100a*. Dimana kegiatan sumur produksi menghasilkan gas buang CO<sub>2</sub> yang cukup besar, oleh karena itu saya memberikan alternatif perbaikan dalam mereduksi emisi. Berikut alternatif pilihan yang saya rencanakan :

Alternatif	Cara Kerja	Fungsi	Pengaruh terhadap emisi
Enhanced Oil/Gas Recovery	Menginjeksikan gas CO <sub>2</sub> kedalam atau berdekatan dengan sumur produksi minyak	Pemanfaatan gas buang CO <sub>2</sub> dan meningkatkan perolehan minyak dengan cara mengurangi kejenuhan minyak residue. memberikan 7% sampai 23% tambahan untuk ekstraksi primer	Berkurangnya emisi gas CO <sub>2</sub>
Pemanfaatan Mikroalga <i>Chlorella Vulgaris</i>	Gas dialirkan kedalam photobioraktor yang berisi air tawar dan <i>Chlorella Vulgaris</i> .	Mereduksi emisi gas CO <sub>2</sub>	Berkurangnya emisi gas CO <sub>2</sub>

Alternatif	Cara Kerja	Fungsi	Pengaruh terhadap emisi
Dual Fuel Diesel Generator	Melakukan mixing antara bahan bakar diesel dan natural gas pada generator	Menekan pemakaian bahan bakar diesel hingga 30% dan pemanfaatan natural gas yang dihasilkan dari kegiatan eksplorasi dan produksi	Berkurangnya emisi gas CO <sub>2</sub>

Responden diminta untuk memberikan skala prioritas terhadap perbandingan alternatif berikut dengan memberikan tanda lingkaran. Berikut contoh pemilihan prioritas yang dapat dilakukan oleh responden.

Alternatif	Prioritas																	Alternatif
Alternatif A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif B


 Dalam tabel pemilihan terdapat rentang angka 1 sampai 9 ke kiri dan kekanan dimana memberikan arah prioritas. Ke arah kiri memberikan prioritas terhadap alternatif A dan ke arah kanan memberikan prioritas terhadap alternatif B. **Rentang angka pada penilaian prioritas, angka 1 merupakan skala prioritas paling rendah dan angka 9 merupakan skala prioritas paling tinggi.**

Nama Responden :	
Jabatan Responden :	

A. Prioritas Kriteria

Berdasarkan dari ketiga kriteria yaitu biaya investasi dan produksi, dampak lingkungan, dan kemudahan pelaksanaan mana yang menjadi prioritas responden untuk mendasari dalam pemilihan alternatif nantinya.

Alternatif	Prioritas																		Alternatif
Berdasarkan Biaya Investasi dan Produksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Dampak Lingkungan	
Berdasarkan Biaya Investasi dan Produksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kemudahan Pelaksanaan	
Dampak Lingkungan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kemudahan Pelaksanaan	

B. Berdasarkan Biaya Investasi dan Produksi

Kriteria Biaya investasi merupakan biaya yang dikeluarkan untuk pembelian mesin ataupun peralatan baru, penambahan tenaga kerja terkait biaya pelatihan. Biaya produksi merupakan biaya yang dikeluarkan untuk semua bahan langsung yang digunakan untuk operasional alternatif.

Alternatif	Prioritas																		Alternatif
Enhanced Oil/Gas Recovery	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pemanfaatan Mikroalga Chlorella Vulgaris	
Enhanced Oil/Gas Recovery	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Dual Fuel Diesel Generator	
Pemanfaatan Mikroalga Chlorella Vulgaris	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Dual Fuel Diesel Generator	

C. Berdasarkan Dampak Lingkungan

Kriteria Dampak lingkungan merupakan seberapa besar pengaruh alternatif terhadap optimalisasi reduksi dampak yang dianalisa pada LCA.

Alternatif	Prioritas																		Alternatif
Enhanced Oil/Gas Recovery	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pemanfaatan Mikroalga Chlorella Vulgaris	

Alternatif	Prioritas																	Alternatif
Enhanced Oil/Gas Recovery	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Dual Fuel Diesel Generator
Pemanfaatan Mikroalga Chlorella Vulgaris	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Dual Fuel Diesel Generator

D. Berdasarkan Kemudahan Pelaksanaan

Kriteria kemudahan dalam pelaksanaan merupakan tingkat kesulitan dalam operasional alternatif terbilang rendah.

Alternatif	Prioritas																	Alternatif
Enhanced Oil/Gas Recovery	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pemanfaatan Mikroalga Chlorella Vulgaris
Enhanced Oil/Gas Recovery	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Dual Fuel Diesel Generator
Pemanfaatan Mikroalga Chlorella Vulgaris	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Dual Fuel Diesel Generator



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## LAMPIRAN 1-B

### PROSES PENGOLAHAN

Perkenalkan saya Annisa Tamara Sari, mahasiswi S1 jurusan Teknik Lingkungan ITS Surabaya. Saat ini saya sedang melakukan penelitian mengenai *Life Cycle Assessment* (LCA) Emisi Proses Produksi Bahan Bakar Minyak (BBM) Jenis Solar dengan Pendekatan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Tujuan dari adanya kuisioner ini untuk menganalisis dampak dari emisi yang keluar pada sektor pengolahan dengan hasil berupa alternatif terbaik. Berdasarkan penelitian yang saya lakukan menggunakan aplikasi SimaPro 8.3 diketahui bahwa dari kegiatan yang ada pada proses eksplorasi memberikan dampak yang sangat besar terhadap *Global Warming 100a*. Dimana kegiatan *crude distilasi* menghasilkan gas buang yang cukup besar, oleh karena itu saya memberikan alternatif perbaikan dalam mereduksi emisi. Berikut alternatif pilihan yang saya rencanakan :

Alternatif	Cara Kerja	Fungsi	Pengaruh terhadap emisi
Peningkatan pemakaian bahan bakar low sulfur	Mengganti bahan bakar solar dengan bahan bakar low sulfur	Menekan emisi yang dihasilkan kibat pembakaran bahan bakar	Mengurangi beban emisi yang dihasilkan
<i>Vessel speed reduction program</i> (VSRP)	melakukan perpanjangan waktu dan penurunan kinerja mesin dari jarak tertentu ke dermaga	Mengurangi pemakaian bahan bakar	reduksi emisi rumah kaca sekitar 25% dari hasil pembakaran mengalami penurunan beriringan dengan pengurangan pembakaran bahan bakar

Alternatif	Cara Kerja	Fungsi	Pengaruh terhadap emisi
<i>Exhaust gas recirculation</i>	Gas buang yang dihasilkan ditransfer ke ruang pembakaran dimana gas akan menyerap panas dan akan menurunkan laju pembentukan emisi gas tertentu	Mengurangi laju pembentukan emisi	Penurunan Nox sebesar 75%

Responden diminta untuk memberikan skala prioritas terhadap perbandingan alternatif berikut dengan memberikan tanda lingkaran. Berikut contoh pemilihan prioritas yang dapat dilakukan oleh responden.

Alternatif	Prioritas																Alternatif	
Alternatif A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif B



Dalam tabel pemilihan terdapat rentang angka 1 sampai 9 ke kiri dan kekanan dimana memberikan arah prioritas. Ke arah kiri memberikan prioritas terhadap alternatif A dan ke arah kanan memberikan prioritas terhadap alternatif B. **Rentang angka pada penilaian prioritas, angka 1 merupakan skala prioritas paling rendah dan angka 9 merupakan skala prioritas paling tinggi.**

Nama Responden :	
Jabatan Responden :	

A. Prioritas Kriteria

Berdasarkan dari ketiga kriteria yaitu biaya investasi dan produksi, dampak lingkungan, dan kemudahan pelaksanaan mana yang menjadi prioritas responden untuk mendasari dalam pemilihan alternatif nantinya.

Alternatif	Prioritas																		Alternatif
Berdasarkan Biaya Investasi dan Produksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Dampak Lingkungan	
Berdasarkan Biaya Investasi dan Produksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kemudahan Pelaksanaan	
Dampak Lingkungan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kemudahan Pelaksanaan	

B. Berdasarkan Biaya Investasi dan Produksi

Kriteria Biaya investasi merupakan biaya yang dikeluarkan untuk pembelian mesin ataupun peralatan baru, penambahan tenaga kerja terkait biaya pelatihan. Biaya produksi merupakan biaya yang dikeluarkan untuk semua bahan langsung yang digunakan untuk operasional alternatif.

Alternatif	Prioritas																		Alternatif
Desalter design	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Progressive Distillation Design	
Desalter design	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Carbon capture storage sebagai gas inert	
Progressive Distillation Design	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Carbon capture storage sebagai gas inert	

C. Berdasarkan Dampak Lingkungan

Kriteria Dampak lingkungan merupakan seberapa besar pengaruh alternatif terhadap optimalisasi reduksi dampak yang dianalisa pada LCA.

Alternatif	Prioritas																		Alternatif
Desalter design	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Progressive Distillation Design	
Desalter design	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Carbon capture storage sebagai gas inert	
Progressive Distillation Design	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Carbon capture storage sebagai gas inert	

D. Berdasarkan Kemudahan Pelaksanaan

Kriteria kemudahan dalam pelaksanaan merupakan tingkat kesulitan dalam operasional alternatif terbilang rendah.

Alternatif	Prioritas																		Alternatif
Desalter design	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Progressive Distillation Design	
Desalter design	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Carbon capture storage sebagai gas inert	
Progressive Distillation Design	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Carbon capture storage sebagai gas inert	

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## LAMPIRAN 1-C

### PROSES DISTRIBUSI

Perkenalkan saya Annisa Tamara Sari, mahasiswi S1 jurusan Teknik Lingkungan ITS Surabaya. Saat ini saya sedang melakukan penelitian mengenai *Life Cycle Assessment* (LCA) Emisi Proses Produksi Bahan Bakar Minyak (BBM) Jenis Solar dengan Pendekatan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Tujuan dari adanya kuisioner ini untuk menganalisis dampak dari emisi yang keluar pada sektor distribusi dengan hasil berupa alternatif terbaik. Berdasarkan penelitian yang saya lakukan menggunakan aplikasi SimaPro 8.3 diketahui bahwa dari kegiatan yang ada pada proses eksplorasi memberikan dampak yang sangat besar terhadap *Global Warming 100a*. Dimana kegiatan penunjang menghasilkan gas buang yang cukup besar, oleh karena itu saya memberikan alternatif perbaikan dalam mereduksi emisi. Berikut alternatif pilihan yang saya rencanakan :

Alternatif	Cara Kerja	Fungsi	Pengaruh terhadap emisi
Peningkatan pemakaian bahan bakar low sulfur (*)	Mengganti bahan bakar solar dengan bahan bakar low sulfur	Menekan emisi yang dihasilkan kibat pembakaran bahan bakar	Mengurangi beban emisi yang dihasilkan
<i>Vessel speed reduction program</i> (VSRP) (**)	melakukan perpanjangan waktu dan penurunan kinerja mesin dari jarak tertentu ke dermaga	Mengurangi pemakaian bahan bakar	reduksi emisi rumah kaca sekitar 25% dari hasil pembakaran mengalami penurunan beriringan dengan pengurangan pembakaran bahan bakar



Alternatif	Cara Kerja	Fungsi	Pengaruh terhadap emisi
<i>Exhaust gas recirculation</i> (**)	Gas buang yang dihasilkan ditransfer ke ruang pebakaran dimana gas akan menyerap panas dan akan menurunkan laju pembentukan emisi gas tertentu	Mengurangi laju pembentukan emisi	Penurunan Nox sebesar 75%

Responden diminta untuk memberikan skala prioritas terhadap perbandingan alternatif berikut dengan memberikan tanda lingkaran. Berikut contoh pemilihan prioritas yang dapat dilakukan oleh responden.

Alternatif	Prioritas																		Alternatif
Alternatif A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif B	

Dalam tabel, pemilihan terdapat rentang angka 1 sampai 9 ke kiri dan ke kanan dimana memberikan arah prioritas. Ke arah kiri memberikan prioritas terhadap alternatif A dan ke arah kanan memberikan prioritas terhadap alternatif B. **Rentang angka pada penilaian prioritas, angka 1 merupakan skala prioritas paling rendah dan angka 9 merupakan skala prioritas paling tinggi.**

Nama Responden :	
Jabatan Responden :	

A. Prioritas Kriteria

Berdasarkan dari ketiga kriteria yaitu biaya investasi dan produksi, dampak lingkungan, dan kemudahan pelaksanaan mana yang menjadi prioritas responden untuk mendasari dalam pemilihan alternatif nantinya.

Alternatif	Prioritas																	Alternatif
Berdasarkan Biaya Investasi dan Produksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Dampak Lingkungan
Berdasarkan Biaya Investasi dan Produksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kemudahan Pelaksanaan
Dampak Lingkungan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kemudahan Pelaksanaan

B. Berdasarkan Biaya Investasi dan Produksi

Kriteria Biaya investasi merupakan biaya yang dikeluarkan untuk pembelian mesin ataupun peralatan baru, penambahan tenaga kerja terkait biaya pelatihan. Biaya produksi merupakan biaya yang dikeluarkan untuk semua bahan langsung yang digunakan untuk operasional alternatif.

Alternatif	Prioritas																	Alternatif
Peningkatan pemakaian bahan bakar low sulfur	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Vessel speed reduction program (VSRP)</i>
Peningkatan pemakaian bahan bakar low sulfur	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Exhaust gas recirculation</i>
<i>Vessel speed reduction program (VSRP)</i>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Exhaust gas recirculation</i>

C. Berdasarkan Dampak Lingkungan

Kriteria Dampak lingkungan merupakan seberapa besar pengaruh alternatif terhadap optimalisasi reduksi dampak yang dianalisa pada LCA.

Alternatif	Prioritas																	Alternatif
Peningkatan pemakaian bahan bakar low sulfur(*)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Vessel speed reduction program (VSRP)</i>
Peningkatan pemakaian bahan bakar low sulfur(*)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Exhaust gas recirculation</i>

Alternatif	Prioritas																		Alternatif
Vessel speed reduction program (VSRP)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Exhaust gas recirculation	

D. Berdasarkan Kemudahan Pelaksanaan

Kriteria kemudahan dalam pelaksanaan merupakan tingkat kesulitan dalam operasional alternatif terbilang rendah.

Alternatif	Prioritas																		Alternatif
Peningkatan pemakaian bahan bakar low sulfur	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Vessel speed reductionprogram (VSRP)	
Peningkatan pemakaian bahan bakar low sulfur	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Exhaust gas recirculation	
Vessel speed reductionprogr am (VSRP)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Exhaust gas recirculation	

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## LAMPIRAN 1-D

### PROSES PEMAKAIAN

Perkenalkan saya Annisa Tamara Sari, mahasiswi S1 jurusan Teknik Lingkungan ITS Surabaya. Saat ini saya sedang melakukan penelitian mengenai *Life Cycle Assessment* (LCA) Emisi Proses Produksi Bahan Bakar Minyak (BBM) Jenis Solar dengan Pendekatan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Tujuan dari adanya kuisioner ini untuk menganalisis dampak dari emisi yang keluar pada sektor pemakaian BBM Solar dengan hasil berupa alternatif terbaik. Berdasarkan penelitian yang saya lakukan menggunakan aplikasi SimaPro 8.3 diketahui bahwa dari kegiatan yang ada pada proses eksplorasi memberikan dampak yang sangat besar terhadap *Global Warming 100a*. Dimana pemakaian BBM solar menghasilkan gas buang yang cukup besar, oleh karena itu saya memberikan alternatif perbaikan dalam mereduksi emisi. Berikut alternatif pilihan yang saya rencanakan :

Alternatif	Cara Kerja	Fungsi	Pengaruh terhadap emisi
Peralihan bahan bakar dari solar ke bahan bakar gas	Pemakaian Bahan bakar gas pada kendaraan perjalanan jauh logistik dan kendaraan pengguna bahan bakar solar	Menekan penggunaan bahan bakar solar yang menghasilkan emisi cukup besar	Berkurangnya emisi gas CO2
Penerapan Eco-driving	Melakukan penghematan bahan bakar. Menjaga perputaran mesin tetap rendah. Mematikan kendaraan saat posisi	Menumbuhkan dan meningkatkan kesadaran akan eco lifestyle dalam berkendara	Berkurangnya emisi gas CO2

Alternatif	Cara Kerja	Fungsi	Pengaruh terhadap emisi
	idling. Mengurangi kecepatan maksimum dan mempertahankan tekanan secara tepat.		
Pemakaian Public Transportation	Penggunaan kendaraan umum seperti bus kota, kereta komuter, angkutan umum dll	Menekan pemakaian kendaraan pribadi sehingga akan menekan pula konsumsi BBM	Berkurangnya emisi gas CO2

Responden diminta untuk memberikan skala prioritas terhadap perbandingan alternatif berikut dengan memberikan tanda lingkaran. Berikut contoh pemilihan prioritas yang dapat dilakukan oleh responden.

Alternatif	Prioritas																Alternatif	
Alternatif A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif B



Dalam tabel pemilihan terdapat rentang angka 1 sampai 9 ke kiri dan kekanan dimana memberikan arah prioritas. Ke arah kiri memberikan prioritas terhadap alternatif A dan ke arah kanan

memberikan prioritas terhadap alternatif B. **Rentang angka pada penilaian prioritas, angka 1 merupakan skala prioritas paling rendah dan angka 9 merupakan skala prioritas paling tinggi.**

Nama Responden :	
Jabatan Responden :	

**A. Prioritas Kriteria**

Berdasarkan dari ketiga kriteria yaitu biaya investasi dan produksi, dampak lingkungan, dan kemudahan pelaksanaan mana yang menjadi prioritas responden untuk mendasari dalam pemilihan alternatif nantinya.

Alternatif	Prioritas																	Alternatif
Berdasarkan Biaya Investasi dan Produksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Dampak Lingkungan
Berdasarkan Biaya Investasi dan Produksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kemudahan Pelaksanaan
Dampak Lingkungan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kemudahan Pelaksanaan

**B. Berdasarkan Biaya Investasi dan Produksi**

Kriteria Biaya investasi merupakan biaya yang dikeluarkan untuk pembelian mesin ataupun peralatan baru, penambahan tenaga kerja terkait biaya pelatihan. Biaya produksi merupakan biaya yang dikeluarkan untuk semua bahan langsung yang digunakan untuk operasional alternatif.



Alternatif	Prioritas																		Alternatif
Peralihan bahan bakar dari solar ke bahan bakar gas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penerapan Eco-driving	
Peralihan bahan bakar dari solar ke bahan bakar gas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pemakaian Public Transportation	
Penerapan Eco-driving	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pemakaian Public Transportation	

C. Berdasarkan Dampak Lingkungan

Kriteria Dampak lingkungan merupakan seberapa besar pengaruh alternatif terhadap optimalisasi reduksi dampak yang dianalisa pada LCA.

Alternatif	Prioritas																		Alternatif
Peralihan bahan bakar dari solar ke bahan bakar gas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penerapan Eco-driving	

Alternatif	Prioritas																	Alternatif
Peralihan bahan bakar dari solar ke bahan bakar gas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pemakaian Public Transportation
Penerapan Eco-driving	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pemakaian Public Transportation

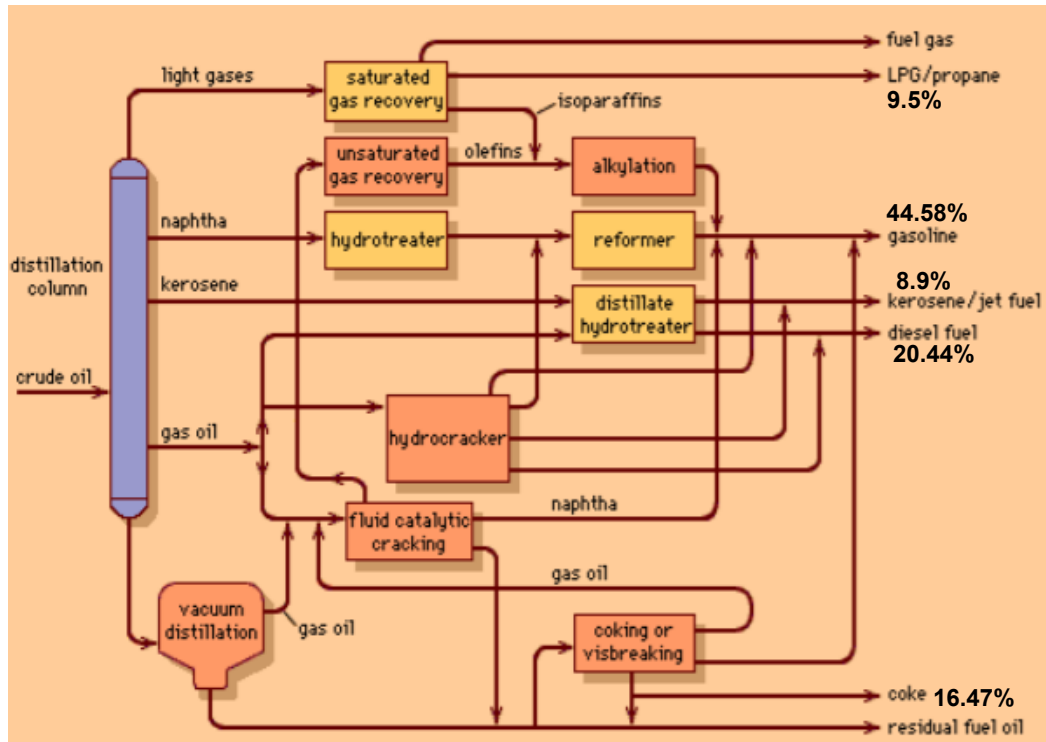
D. Berdasarkan Kemudahan Pelaksanaan

Kriteria kemudahan dalam pelaksanaan merupakan tingkat kesulitan dalam operasional alternatif terbilang rendah.

Alternatif	Prioritas																	Alternatif
Peralihan bahan bakar dari solar ke bahan bakar gas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penerapan Eco-driving
Peralihan bahan bakar dari solar ke bahan bakar gas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pemakaian Public Transportation
Penerapan Eco-driving	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pemakaian Public Transportation

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DIAGRAM ALIR PROSES PENGOLAHAN BBM



“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## BIOGRAFI PENULIS

Penulis dilahirkan di Kabupaten Bangkalan pada tanggal 30 November 1994. Penulis memulai pendidikan formal di sekolah dasar pada tahun 2001-2007 di SDN Kemayoran 1 Bangkalan. Dilanjutkan dengan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 2 Bangkalan pada tahun 2007-2010 dan SMA Negeri 1 Bangkalan pada tahun 2010-2013. Penulis melanjutkan pendidikan S1 di perguruan tinggi negeri di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS Surabaya pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP 3313 100 112.

Selama perkuliahan, penulis aktif pada kegiatan pelatihan *soft skill* seperti LKM Pra TD 2013, LKMM TD 2014, dan *Leadership Organization Training*. Penulis juga aktif mengikuti berbagai kegiatan kemahasiswaan, diantaranya menjabat secara struktural di Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan FTSP ITS. Ketertarikan penulis pada bidang *oil and gas* diterapkan dengan bekerja di PT Pertamina sebagai pekerja praktek selama satu setengah bulan. Berbagai pelatihan dan seminar di bidang Teknik Lingkungan juga diikuti untuk menunjang pengembangan diri. Penulis dapat dihubungi via email [annisats94@gmail.com](mailto:annisats94@gmail.com) dan [id.linkedin.com/in/annisa-tamara-sari](https://id.linkedin.com/in/annisa-tamara-sari).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”